Bulletin
D
f
e
2(9)

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin – Boletín
Vol. II, No. 9

(Completing the volume)
(Completando el volumen)

A STUDY OF THE AGE, GROWTH, SEXUAL MATURITY, AND SPAWNING OF THE ANCHOVETA (*CETENGRAULIS MYSTICETUS*) IN THE GULF OF PANAMA

ESTUDIO DE LA EDAD, EL CRECIMIENTO, LA MADUREZ SEXUAL Y EL DESOVE DE LA ANCHOVETA (*CETENGRAULIS MYSTICETUS*) EN EL GOLFO DE PANAMA

by — por

GERALD V. HOWARD and - y ANTONIO LANDA

La Jolla, California
1958

INTER - AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin – Boletín
Vol. II, No. 9

(Completing the volume)
(Completando el volumen)

A STUDY OF THE AGE, GROWTH, SEXUAL MATURITY, AND SPAWNING OF THE ANCHOVETA (*CETENGRAULIS MYSTICETUS*) IN THE GULF OF PANAMA

ESTUDIO DE LA EDAD, EL CRECIMIENTO, LA MADUREZ SEXUAL Y EL DESOVE DE LA ANCHOVETA (*CETENGRAULIS MYSTICETUS*) EN EL GOLFO DE PANAMA

by — por

GERALD V. HOWARD and - y ANTONIO LANDA

La Jolla, California
1958

CONTENTS — INDICE

ENGLISH VERSION — VERSION EN INGLES

Page

SUMMARY 391

INTRODUCTION 392

SOURCES OF DATA 392
- Tuna boat collections 393
- Panama laboratory collections 393
- FAO collections 393

AGE AND GROWTH 393
- Methods 393
- Analysis of length frequency data 395
- Relative abundance of age groups 403

SEXUAL MATURITY AND SPAWNING 405
- Methods 405
- Time and frequency of spawning 407
- Frequency of spawning within a season 410
- Age at first maturity 411
- Age in relation to time of annual spawning 411
- Consideration of a "gonad index" to sexual maturity 412
- Application of the gonad index 414

FIGURES — ILUSTRACIONES 416

TABLES — TABLAS 427

SPANISH VERSION — VERSION EN ESPAÑOL

Página

RESUMEN 438

INTRODUCCION 439

FUENTES DE LOS DATOS 440
- Colecciones de los barcos atuneros 440
- Colección del laboratorio de Panamá 440
- Colecciones de la FAO 440

EDAD Y CRECIMIENTO 441
- Métodos 441
- Análisis de los datos de frecuencia de longitudes 443
- Abundancia relativa de los grupos de edad 451

MADUREZ SEXUAL Y DESOVE 454
- Métodos 454
- Epoca y frecuencia de desove 455
- Frecuencia del desove dentro de una época 459
- Edad a la primera madurez 460
- La edad con relación al tiempo del desove anual 460
- Consideración de un "índice de gónadas" para la madurez sexual 461
- Aplicación del índice de gónadas 463

LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA 465

A STUDY OF THE AGE, GROWTH, SEXUAL MATURITY, AND SPAWNING OF THE ANCHOVETA *(CETENGRAULIS MYSTICETUS)* IN THE GULF OF PANAMA

by

Gerald V. Howard and Antonio Landa

SUMMARY

Crew members of tuna clippers and Commission personnel are collecting specimens of anchovetas *(Cetengraulis mysticetus)* for studies of the biology of this important tuna-bait species. More than 27,000 fish from 231 collections captured in the Gulf of Panama between June 1951 and January 1956 are the basis of this study of the age, growth, sexual maturity, and spawning season of this species in that area. Estimates of age and rate of growth were made by studying the temporal progression of modal size groups from monthly length frequency distributions. Sexual development and time of spawning were determined from gross examination of ovaries and measurements of ovarian eggs.

Two principal modal size groups occurred in the monthly length frequency distributions. One was definitely identified as fish in their first year; the other was composed either entirely of fish in their second year, or included a small percentage of individuals in their third year. The presence of three year old fish was suggested by the occasional capture of unusually large specimens. Anchovetas reach an average length of about 127 mm. at the end of their first year and 145 mm. after two years. Fish which might be considered to be three years old attain a length of approximately 160 mm. Growth is most rapid between January and May. It is appreciably slower as the gonads begin to mature in August and September, and is greatly arrested during the period of spawning which follows. The Panama population, on the average, is composed of over 90 per cent of fish in their first year and less than 10 per cent of fish in their second year. Three year old fish may be present in some years, but probably make up less than one per cent of the population.

Anchovetas spawn annually in the Gulf of Panama. Reproduction begins in October and ends in January. Although the peak of spawning activity is in November and December each year, there appears to be some variation from year to year in the intensity of spawning in October and in January. Anchovetas reproduce for the first time when they reach one year of age, and each female produces one batch of eggs during the spawning season. Fish that are two years old or more appear to reach sexual maturity a little in advance of the younger fish each season, but the latter may finish spawning somewhat earlier.

INTRODUCTION

The anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)* is the most important bait fish used to catch tunas in the tropical Eastern Pacific Ocean. From logbook records of fishing vessels using the live bait fishing method, the Commission obtains detailed records of the amounts of anchovetas taken from each baiting area and the amount of effort employed to catch these quantities (Alverson and Shimada, 1957). Suitable fishing records assist in measuring, and eventually predicting, changes in abundance and yield of the several populations of this important fish, but such data cannot be interpreted properly without knowledge of the life history and ecology of the species. Among the more important aspects of the biology, which need to be understood, are age, rate of growth and time of spawning.

A prerequisite to the measurement of the relative abundance of year classes available to a fishery is the ability to assign ages and estimate the rate of growth of the fish. A fishery which is dependent on a few age groups is much more affected by the success or failure of spawning in any one year than one which operates on many age groups. Determination of the season of spawning is important in studying the effects of environment on survival of eggs and larvae, since success or failure of year classes is usually determined during the very early stages. Frequency of reproduction of individuals within the year and within a spawning period should be known, for it is of value in assessing the reproductive potential of a population.

Since 1951, the Commission has obtained, through the cooperation of the tuna fleet, collections of anchovetas from the major baiting areas for this species, which range from the Gulf of California to Sechura Bay, Peru. These samples are supplemented whenever possible by collections made by the staff. For some of the baiting areas, however, collections throughout the entire year are lacking because they are frequented by the tuna fleet during only those seasons when tuna fishing is productive in adjacent sea areas. The most complete series of data available is from the Gulf of Panama, and is the basis of this study which reports on the age, growth, and spawning of the anchoveta in that area.

The anchovetas in the Gulf of Panama are considered in this study to be a single population (Howard, 1954). Marking experiments are being attempted to determine whether there may be independent or semi-independent populations within the Gulf, but tag recoveries have been insufficient so far to examine these possibilities.

SOURCES OF DATA

The material for this study consists of collections of anchovetas made between June 1951 and January 1956. The collections came from three sources, those made by California based tuna fishing vessels, collections by personnel at the Commission's laboratory in Panama, and samples obtained from a biologist of the Food and Agriculture Organization of the United

Nations (FAO). The number of collections examined monthly and the numbers of specimens contained therein are shown in Table 1.

The collections were taken throughout the Gulf of Panama north of approximately 8° N latitude (Figure 1). Fish of less than 80 to 100 millimeters were usually caught in the deeper offshore water; larger fish were taken inshore, mainly over mud flats in depths of 5 fathoms or less.

Tuna boat collections

As a continuing part of the Commission's bait fish research, crew members of a number of tuna clippers are collecting samples of specimens from their bait catches. These samples, which usually consist of 100 or more fish, are frozen aboard and turned over to a Commission representative when the vessels return to port. From June 1951 through August 1955, fishermen made 73 collections of anchovetas which contained a total of 8,602 specimens.

Panama laboratory collections

In the fall of 1954 the Commission established a field laboratory in Panama to study the life history and ecology of the anchoveta in the Gulf of Panama. Between August 1954 and January 1956, 154 collections consisting of 17,967 anchovetas were obtained by laboratory personnel for this study. Beginning in January 1955, specimens were caught from a small motor launch with a cast net and occasionally a shrimp trawl. Collections obtained between August and December 1954 were made voluntarily by a local fisherman who used a cast net.

FAO collections

A biologist of the Food and Agriculture Organization collected a number of samples of anchovetas aboard tuna clippers baiting in the Gulf of Panama in November and December 1952, and obtained one collection from a shrimp trawler in September 1953. Ninety-one of these fish were made available for the sexual maturity study, and a record of the lengths of all the other specimens measured was provided. The latter numbered 757 and these fish were taken from three separate collections captured in December 1952.

It was fortunate that the FAO data were acquired, because anchovetas are less available for capture from October through December. Personnel at the Panama laboratory found it particularly difficult to obtain specimens in sufficient numbers between October 1955 and January 1956. Masters of tuna clippers frequently report that anchovetas are not easily caught in the Gulf of Panama during the fall months.

AGE AND GROWTH

Methods

It is possible that the interpretation of marks or bands of differentiated areas of scales, otoliths and other hard parts may reveal the age of the

anchoveta, but a preliminary examination of scales of the species suggests that such procedures will be difficult and time consuming. Such direct methods were not considered for an initial study of age and growth. Rather, an analysis of length frequencies was undertaken. Every fish collected by the tuna fishermen and personnel in Panama was measured for length. Standard length (from the tip of the snout to the end of the silvery area on the caudal peduncle) of each fish was recorded to the nearest millimeter. Length measurements made available by the FAO biologist were taken in the same manner.

The length frequency method for obtaining estimates of age and growth has had wide application since first used by Petersen (1922) and involves study of the progression of modes in length frequency distributions according to time, either from month to month or year to year. With most clupeoids, the Petersen method is not reliable for fish older than about two years, because, as fish get older, their growth slows down and the length distributions overlap each other to such an extent that modes are not readily discernible. Early in the investigation, it became apparent that this would not be a real problem for the anchoveta because it is a short-lived species.

The reliability of estimates of growth determined from length frequency distributions depends on the precision with which the length distributions obtained in samples taken from the population represent the true length distributions in the population. If a population is grouped into schools by sizes, it is desirable that estimates of growth be based on measurements of samples taken from a large number of schools selected randomly from the population rather than a large number of fish drawn from only a few schools. A large number of fish taken from a few schools will not likely be as representative of the population as the same number drawn a few each from a large number of randomly chosen schools (Schaefer, 1948).

Various investigators have demonstrated that there is a distinct tendency for fish of the same size of the same species to school together. Schaefer (1948) working with yellowfin tuna *(Neothunnus macropterus)* found that " . . . members of any given school are more nearly of the same size than would be expected if they were merely drawn at random from the whole population". He also showed that the degree to which they tend to be of the same size varies between schools. Brock (1954), in studying pure schools of skipjack *(Katsuwonus pelamis)*, reported finding comparatively small ranges of size within such schools in contrast to the ranges encountered in the commercial skipjack landings. Miller (1955) noted that anchovies *(Engraulis mordax)* aggregate in schools by size, and Hjort (1926) observed the same phenomenon for the Norwegian herring. The literature contains other such examples.

Estimates of age and rate of growth of the anchoveta in this study are based on measurements of 27,326 fish taken from 231 collections over

a period of five years (Table 1), in an effort to meet the sampling requirements discussed above. However, it is not possible to know whether all the individual collections resulted from single schools because of the methods used in obtaining the collections. Tuna clippers may take aboard live anchovetas directly from a lampara net or from receivers in which fish are placed from one or more sets of the lampara net. (Receivers are partially submerged boxes which are used to transport fish from shallow waters where they are caught to the tuna boats, in areas where these vessels are unable to navigate because of lack of depth). If collections are obtained from the lampara nets, the specimens in the samples result from single schools. Collections from the receivers, on the other hand, may result from single schools or from several schools. Unfortunately, the fishermen rarely report whether the collections come from one school or from several schools.

Most collections by personnel at the Panama laboratory were made with a cast net. A few were taken with a trawl net. Usually each collection made with the cast net was the accumulation of fish captured from several throws of the net. Since fishing was done in turbid water for the most part, it was not possible to observe whether successive throws were made on the same school.

Although there is no record of the number of schools contributing to the 231 collections, the number is known to be considerably more than 231.

In the course of the analysis, considerable variation was found among collections in the same month with respect to mean length and range of sizes. In order to examine variability among samples from a single age group, a study was made of collections taken during February through May 1954, when (as will be shown subsequently) only a single age group was present. An analysis of variance was made of the length data of the samples taken during each month (Table 2). The analysis involved partitioning the variance into "between samples" and "within samples" components. In each instance, the variance for "between samples" is larger than that for "within samples" and the variance ratio (F) is highly significant, $P<0.01$. It is reasonable to conclude that schooling behavior is responsible for these results. Because all tuna boat collections were taken with similar lampara nets, the possibility that differential gear selectivity caused significant differences in length among collections taken in the same month by this means was discounted.

If anchovetas are grouped into schools by sizes, some inconsistencies are to be expected in the estimates of mean sizes based on the average length of the fish found in the monthly collections. This will be particularly true in the months for which few collections are available.

Analysis of length frequency data

The initial step in processing the data was to plot the length of individual fish as frequency distributions for monthly periods. The number of fish measured each month was not constant, so the length frequency dis-

tributions were made comparable by converting the frequencies into percentages of the total for the month. The results are plotted in Figures 2 to 6. Numbers on the right hand side of each monthly length frequency distribution indicate the total number of specimens and number of collections studied.

Examination of the data in the figures shows the presence of one or more modal groups which can be followed through most months each year. They are most readily seen in the tuna boat data for 1954 (Figure 3) and the Panama laboratory data for 1955 (Figure 4). In both years, the single modal group which appears in February can be distinguished easily during succeeding months as it progresses to the right, either singly or with one other modal group. The latter is not always present nor is it always clearly discernible. Frequently, the second modal group represents such a small proportion of the monthly sample that it might be considered part of the first group if the data for preceding and succeeding months did not discount this possibility.

Figures 2 to 5 show that the smallest fish caught in November and December were between about 110 and 120 mm. in length. Because the anchovetas in the Gulf of Panama reproduce once annually, with the peak of spawning occurring in November and December, as will be demonstrated (p. 409), fish caught two or three months later in February which are smaller than 110 mm. must result from the previous November-December spawning, while fish larger than 110 mm. are one or more years old.

In only one year were specimens of anchovetas taken in January. This was in 1955 when one collection consisting of 65 specimens was captured. The specimens ranged in length from 130 to 142 mm. (Figure 4), which indicates that they were all over one year old. More material is available for February. Collections were made in February in 1953, 1954, and 1955. For 1955, the tuna boat data and the Panama laboratory data are plotted both separately (Figure 4) and together (Figure 5). In February 1953, and also in February 1954, only one modal group is present. The former is made up of anchovetas ranging from 124 to 158 mm. while the latter contains fish from 44 to 75 mm. The fish caught in February 1954 are obviously only 2 or 3 months old. On the other hand, the modal group appearing in February 1953 consists of fish in at least their second year. The tuna boat collections for February 1955 reveal three separate modal groups. Since the largest fish present in the first two groups measured only 89 mm., both these groups must be fish in their first year. The third group consists of fish ranging in length from 128 to 153 mm. which are in their second year or more. The Panama laboratory collections for February 1955 contain two modal groups, which appear to represent fish in their first year and fish in their second year or older. The latter are about 135 mm. in length. When both sets of data are combined the picture remains essentially the same as that shown by the Panama laboratory data alone, because the

number of collections and specimens measured at the latter was so much greater.

Anchovetas in the first year are identified easily in the material plotted for March 1952, 1953, 1954, and 1955 (Figures 2, 3, 4 and 5), even though bimodality occurs in 1954 and in 1955 for both the tuna boat and the Panama laboratory collections. For the month of March, fish in their second year or older were captured only in 1955 and were all taken by personnel at the Panama laboratory. They are well removed from the first-year fish in the plot of the length frequency distributions.

Now that fish in their first year and fish in their second year or more have been separated from each other and identified as two groups for the first three months of the calendar year, it is, with few exceptions, not very difficult to follow the two groups in succeeding months during the remainder of the year.

The fact that bimodal distributions of fish in their first year are not encountered in the months following March deserves comment. The size range, or the difference in length between the smallest and the largest fish, of the anchovetas in their first year decreases appreciably as they become older, at least between February and July. In February and March, there are differences as great as 78 mm. between the length of the largest and smallest fish of the entering year class, whereas by June this difference is reduced to 45 mm. or less. Perhaps by November and December, it may be reduced further but it is impossible to measure because the first year fish then overlap those of the older group. If the anchovetas school by size, as previously concluded, a reduction in the size range of a year class with age will be accompanied by a decrease in the average size difference between schools so that not as many schools need be sampled to obtain a representative picture of the size distribution of an age group. This indicates that more schools of the entering year class of anchovetas should be sampled during the first three or four months of the year than in succeeding months to obtain a reliable estimate of their rate of growth. In general, this was accomplished.

Why the size range of a year class should become smaller as the fish grow is not known. One possibility is that it could be the result of growth compensation — the tendency for small fish to grow more rapidly than do the larger fish of the same age group as the group gets older. Deason and Hile (1947) report that growth compensation appears to be characteristic of most coregonids (*Leucichthys* spp.) and they quote several references where the phenomenon has been observed for other fishes.

Since the anchoveta population spawns only once annually and the period of reproduction is approximately the same each year (p. 409), and because the monthly length frequency distributions for the several years were similar, the data for the several years were combined by months in the expectation that a clearer picture of growth might result (Figure 6).

Since the number of collections and specimens measured monthly varied from year to year, approximately equal weight was given to the data from each of the several years, so that a year with many collections, such as 1955, would not dominate the picture. This was accomplished by averaging the monthly percentage distributions rather than the number of individuals.

In Figure 6, the first age group can be readily distinguished from the other fish through July. In January, only older fish are present and in February they are an important element of the catch. Thereafter, until July when none were taken, the proportion of older anchovetas is greatly reduced. In August and in the remaining months of the calendar year, the fish in their first year, which enter their second year in November, have grown so much that they are no longer distinctly set apart from the older age group in the plotted frequency distributions. Barring the month of September, they cannot be separated from the older fish except by arbitrary means, because the larger fish of the younger group overlap with the smaller fish in the older age group.

That indeed more than one year class is represented by the plotted frequency distributions in August and succeeding months seems certain. Although two or more modes are not always found in the plotted frequency distributions, because of the overlapping mentioned, strong evidence of the presence of more than one age group is provided by the size range encountered each month. Earlier, it was observed that the spread in the size range between the smallest and the largest fish of the first year class became progressively smaller as the fish became older, at least through June when it is approximately 40 mm. In July, for all years combined, the range is 41 mm. In August, there is a difference of 58 mm. between the smallest and the largest fish, and approximately the same difference is found in the succeeding months of the year. The increase in the size range must be caused by the presence of an older age class. Support for this reasoning is gained by noting once again the size range of the fish in their second year or more in February when they were easily identified as ranging from 124 to 158 mm. It would be illogical, then, to regard fish measuring 140 mm. or more as being only in their first year of life in August and September.

The combined data for the several years having been examined, the plotted length frequencies for the individual years were then scrutinized separately. In 1951, collections were made only in June, July, August, and November, and the fish taken consisted solely of those in their first year until November when the group entered its second year. Both first year fish and an older group are found in 1952 and succeeding years. In 1952, only fish in their first year were found in March and May. In the other months of 1952, except August, this group can be readily distinguished from the older fish. The specimens found in the three August collections appear as a single mode but cannot be assigned to either fish in their first year or to an older group. Examination of each of the three collections which were

taken by three different tuna vessels showed similar frequency distributions. The anomaly probably resulted from biased sampling of the larger fish in their first year and the smaller fish of the older group. The 1953 collections can easily be separated into first year fish and an older group. In February, the two collections consisted exclusively of fish in their second or more years. The group appeared again in October. The one collection of 24 fish made in August probably contained both groups but the number is insufficient to give a clear picture. The plotted material for 1954 shows only fish in their first year through October. In November and December the presence of at least two age groups is apparent.

The mean length of fish in their first year and of all other fish, which may include one or more older age groups, are given by month of collection in the first two sections of Table 3. The data summarized by months for all years combined are also included. The size range encountered each month and the number of specimens measured is shown for each age group. It was simple to calculate the means when a gap occurred in the plotted frequency distributions, separating the two groups of fish. When there was overlapping of the groups, a division was made arbitrarily at the length corresponding to the minimum frequency between the modes of the two different age groups. Solid arrows on the figures show where the separations were made. Because of the overlap of the two age groups, which first occurs in August and is present in succeeding months each year, the size ranges given in Table 3 for the two groups in these months are low estimates. The arbitrary separation of the two modes reduces the upper range of the fish in their first year and the lower range of those belonging to the older age groups.

Consideration was given to the use of probability paper to separate the modes by a procedure described by Cassie (1950 and 1954). It was decided that this method was as subjective as the one employed and that the only advantage that might be obtained from the former would be a better estimate of the monthly size ranges of the age groups. Use of probability paper to separate the modes necessitates choosing points of inflection in the same manner that the minimum frequency between modes is selected in the procedure used. In applying the Cassie method to separate the modes from August through December for the combined data for all years, it was discovered that estimates of the mean lengths of the two age groups differed, on the average, from those obtained previously by only 0.32 mm.; the maximum difference was 1.02 mm. The size ranges obtained by taking three standard deviations on either side of the means extended the upper range of the first year fish and the lower range of the older fish. However, only the size range for the first year group appeared reasonable; that for the older age group was much exaggerated. The lower range of the latter extended to a length below the mean length of the younger age group. In fact, it was indicated that in August and September, there were fish belonging to the second age group which were considerably

smaller than the minimum length encountered six to eight months previously, at the time when the two groups were distinctly separated from each other in the length frequency distributions. Significance of the estimates obtained by the Cassie method, at least for the older age group, seemed questionable, and its use was not pursued.

Fish in their first year have been separated from the older fish and, so far, no attempt has been made to learn whether the older group consists solely of fish in the second year or whether the older group is a mixture of more than one age group. Certainly there are no recognizable modes in the plotted monthly frequency distributions to suggest more than one age group succeeding the first year group. Assuming that only two age groups occur in the collections, growth may be portrayed by month from the time of hatching to age 25 months by plotting the monthly mean lengths of the several year classes, tabulated in the first two sections of Table 3, against time. This is shown in Figure 7, where the open circles represent the monthly mean lengths obtained for fish in their first and second year for each month of collection from 1951 through 1955, and the solid circles portray the values derived by combining the data by months for all years. The vertical lines denote the range between the smallest and the largest fish in the age group for each month of the year, as determined from the data for all years combined.

It was stated (p. 397), that equal weight was given to the data from each of the several years when the material for all years was combined to provide the frequency distributions shown in Figure 6. Monthly estimates of the mean lengths and size ranges for the two age groups were estimated from these plotted distributions. Because this procedure was followed, the mean length of an age group in a given month, calculated from the combined data for all years, does not necessarily correspond to the value which would result by summing and averaging the mean lengths obtained for this month in each of the several years. Similarly, the maximum size range encountered for either age group in a particular month over the years does not coincide with the range obtained when the data are combined. Therefore, the solid circles in Figure 7, which depict the monthly mean lengths calculated from the combined data for all years, do not always fall at the midpoint among the open circles which represent the values obtained from the individual years.

A value is plotted in Figure 7 for the mean length of the entering year class in the month of January even though no regular collections of first year fish were made in January (Table 3). However, in examining a small collection of larval anchovies taken from the stomach of a black skipjack caught in January 1956, several small anchovetas averaging 30 mm. in length were identified.

The points plotted in Figure 7 show that growth of the anchoveta is rapid during the first four or five months from hatching (in November or

December) to April, and that it is much slower in succeeding months. In fact between August and December of the first year, the points appear to fall on a plateau. Apparently growth is arrested during this period, which corresponds to the time that the gonads mature and reproduction takes place. Arrestment of growth could result either from the reproductive process or because food is less available then. The standing crops of both zooplankton and phytoplankton are at their lowest level during these months. Rapid growth again occurs in the three months following December, and this period corresponds to the time of the annual upwelling in the Gulf of Panama (Schaefer, Bishop and Howard, 1958). Thereafter, growth is again slow which is to be expected if the fish are approaching the upper asymptote of their growth. The small monthly increments of growth occurring as the fish approach the end of their second year might also be attributed in part to the effect of either the reproductive process or the minimum standing crop of plankton.

The monthly mean lengths plotted in Figure 7 were computed under the assumption that there are only two age groups of anchovetas in the collections. This assumption was based on the fact that the plotted length frequency distributions show only two modes. Because of the small number of fish at the upper end of the distributions, there was no possibility of detecting a third mode using probability paper. If, in fact, three year fish were represented in the length frequency distributions, their numbers were obviously small, and they represented a negligible proportion of the population.

That some fish might have been in their third year. or more, was suggested by the occasional capture of what appeared to be unusually large specimens. It was postulated that these specimens were too large to belong to the group of fish in their second year, as previously assumed, because of the greater extension above the mean in certain months of the upper size range of the second modal group. The presence of these big fish is more easily seen from January to July, when there is little or no overlapping in the plotted length frequency distributions of the first modal group with fish of the second modal group. The greater extension of the size range above the mean length than below it is well illustrated in the combined data for all years for the months of February and March (Figure 7). The size range of the second modal group above the mean length for the group appears to be extended also in September, November, and December.

The hypothesis that the few large fish captured in the months noted were in their third year was considered. They were arbitrarily extracted from the plotted length frequency distributions representing the fish previously considered to be in their second year. Frequently, gaps or breaks occurred in the upper part of the distribution of the second modal group. When they occurred, separations were made at these points. When more than one break of several millimeters was encountered in the frequency

distribution, separation was made at the widest one. If only one break occurred, separation was made there. If more than one gap of only one millimeter in length was present in the distribution, there was no fixed criterion to select the point of separation. It was made arbitrarily at the one which appeared to be the most reasonable after examining the frequency distribution of the prior and succeeding months. When no gap occurred separation was made at the lowest frequency level in the upper part of the distribution which would divide the three year fish from those in the second year.

After the few fish considered to be in their third year were separated from those judged to be in their second year of life, the mean lengths of the second and third year fish were calculated. The resulting calculations are tabulated in the last section of Table 3 where they are given by monthly intervals in the same manner as when only two age groups were considered and are plotted in Figure 8. They depict growth by month from the time of hatching to age 40 months. The open circles and the vertical lines have the same connotation as those used to illustrate growth to age 25 months in Figure 7.

During the first year of life, the graphic presentation of the growth as portrayed in Figure 8 for three age groups is, of course, identical with that shown for two age groups in Figure 7. Thereafter, for the next two months, while the picture is similar in each case, the extension of the size range above the mean for fish in their second year is reduced when three age groups are considered. In fact, the separation of fish supposedly in their third year from those in their second year tends to equalize the size range above and below the mean each month. Such equal distribution about the mean is perhaps more logical than the one which shows the larger extension on the upper side.

S-shaped curves were fitted by eye to each of the two sets of data in Figures 7 and 8. These were then examined to determine whether the part above the inflection point could be represented by the transformation developed by Walford (1946).

For several species of fishes and molluscs for which there were published length-age data, Walford found that their growth curves had a common characteristic. He demonstrated that if he plotted body length at age $1, 2, 3 \ldots n$ along the x-axis of arithmetic graph paper and body length at age $2, 3, 4 \ldots (n + 1)$ along the y-axis, for that part of the curve above the point of inflection, the points for most of the species fell along a straight line.

If the Walford transformation could be accomplished with the data from either or both suggested empirical growth curves, it was thought that some indication might be obtained as to which was the more reasonable. Unfortunately, this line of investigation did not prove fruitful. In both instances, the points obtained by plotting length at age n months

against length at age $n+1$ months did not fall along a straight line. Rather, the transformation, the one from the curve which assumed only two age groups, and the other curve which assumed three age groups, suggested that two straight lines should be fitted to each set of data. The points obtained from both empirical growth curves from the point of inflection at age 4 months (March) to age 7 months (June) formed one straight line and the remaining points from age 8 months (July) fell along another straight line with a greater slope. Evidently, the growth of the anchoveta is too rapid during the early months of its life in relation to that in succeeding months to be able to represent its curve by the Walford transformation.

On the basis of the evidence available, it is impossible to say with any degree of certainty which interpretation of the data is more likely to be correct, the one which assumes there are only two age groups or the other which supposes there are three. Actually, it is of little importance whether or not fish in their third year are present in the population if their numbers are as small in relation to those in their first and second as the collections indicate, because they would constitute a negligible part of the total stock.

A careful examination of the scales to determine whether or not they will answer the question of whether three year old fish are found in the Panama population is indicated as being desirable. Since a detailed study of the scales will take some time, it hardly seems worthwhile to delay publication of the present study until it is completed.

Relative abundance of age groups

The collections made by the tuna fishermen are probably not suitable for obtaining reliable estimates of the relative abundance of the different age groups, because these age groups are not thought to be subject to the same fishing intensity. For example, the tuna fishermen prefer anchovetas for bait which are in their first year of life, claiming that the smaller fish live better aboard the tuna clipper, and that the older fish are too large for use in catching skipjack tuna successfully. Fishermen will, therefore, frequently not take large anchovetas if smaller ones are available. Also, during the early part of each year, from January through the first part of April, the entering year class is found in a different habitat from the older age groups. During this period of the year, apparently because of a different feeding behavior, the young fish are found in relatively deep offshore water. At this time they are most abundant, easily seen in clear water, and easy to catch. About April, they move inshore and remain in the turbid shallow water for the remainder of their life. Fish living in the shallow and turbid inshore waters are much more difficult to locate. For these reasons, during the first part of each year, a great deal more fishing effort is placed on the incoming age group than on the older fish. This greater effort on the younger fish probably obtains, but to a much lesser degree, during the rest of the year.

While the collections made by personnel of the Panama laboratory in 1955 were probably not biased to the same degree as those obtained by the tuna vessels, it is not known whether or not equal effort was given to fishing for the young and the older fish during that part of the year when the two groups were segregated from each other. However, there appears to be no reason to believe that the staff fished selectively for fish of a particular age group during April or May and the remainder of the year.

Although the collections made by the tuna fishermen are not entirely suitable for estimating the age composition of the stock, it is still of interest to have a rough estimate of the proportion each age group contributes to the catch of anchovetas taken in the Gulf of Panama. The tabulation below indicates the percentage of anchovetas in the tuna boat collections which were in their first, second, and third year. The percentage designated as being fish in their third year may, of course, belong to the second year group, depending upon which of the two proposed pictures of growth is considered to be the better.

Per Cent of Total in Collection

Year	In first year	In second year	In third year
1951	100.0		
1952	91.8	7.3	0.9
1953	85.1	14.0	0.9
1954	98.2	1.8	
1955	96.0	4.0	
Average all years	94.3	5.4	0.4

The striking feature in the table above is that the tuna fishermen depend for bait almost entirely on anchovetas in their first year of life. The contribution of fish which might be in their third year is insignificant.

A similar tabulation is also given below for the collections made by the staff at the Panama laboratory in 1955. The breakdown for the age groups is given by months:

Per Cent of Total in Collection

Month	Number of fish	In first year	In second year	In third year
Jan.	65	100.0		
Feb.	3299	99.8	0.2	
March	2082	98.0	1.9	0.1
April	2679	95.0	5.0	
May	1404	99.3	0.7	
June	1103	99.9	0.1	
July	737	100.0		
Aug.	2495	90.5	9.5	
Sept.	2443	98.4	1.6	
Oct.	469	74.8	25.2	
Nov.	31	67.7	32.3	
Dec.	173	74.0	26.0	
All months	16980	95.8	4.2	0.0
All months (weighted average)		91.5	8.5	0.0

Like the tuna boat collections taken during 1955, the samples captured by the staff in Panama were composed predominantly of anchovetas in their first year. This age group contributed 95.8 per cent of the specimens measured as compared with the 96 per cent found in the tuna boat collections. Neither value should be considered as an accurate measure of the relative abundance of the first year fish in the population, not only for the reasons already pointed out above, but because there may be different rates of natural mortality, not only for the different age groups but also for the same age groups during different periods of the year. If equal weight is given to the monthly collections, it is found that, on the average, 91.5 per cent of the specimens belonged to the group of fish in their first year. Still, it should not be suggested that this is an accurate estimate of the representation of the first year fish in the population in 1955. It is doubtful that equal effort was given to fishing for the first year fish and the older group during the first three or four months of the year when the two groups were segregated from each other. Also, the number of specimens examined was small during the last three months of the year.

For the months May through September, it is thought that more nearly equal effort was given to catching all age groups, so some conclusion may be drawn concerning the age composition of the population during this period. In these months, 96.5 per cent of the individuals captured belonged to the first age group. If equal weight is given to the monthly collections, 97.6 per cent of the specimens were fish in their first year. That the two estimates are so close, suggests that natural mortality may have been affecting the two age groups at approximately the same rate from May through September. No fish were caught in this period which might be considered in their third year. Except for one fish, no individuals were captured during 1955 by either the tuna boats or the Commission's staff which might be considered to be in their third year.

It is probably reasonable to assume that the population of anchovetas in the Gulf of Panama consists, on the average, of over 90 per cent fish in their first year and less than 10 per cent in their second year. The percentage of fish which might be considered to be in their third year of life is small, possibly less than one per cent.

SEXUAL MATURITY AND SPAWNING

Methods

The study of sexual maturity and spawning was based on gross examination of ovaries and measurements of ova. Gonads of the anchoveta extend the entire length of the body cavity, regardless of the stage of development. They are seen as thin filaments in sexually immature fish, and in this condition it is not possible to determine the sex of the fish by gross examination. No difficulty is encountered in determining, with the naked eye, the sex of an individual after the gonads have attained a width of 1 to 2

mm. The ovaries are tubular while the testes are flat and more solid at this stage. When the gonads reach 4 to 5 mm. in width, the ovaries are pink, somewhat rounded, and maturing eggs give the ovaries a granular appearance, while the testes are white, flat, with the ventral edge frequently scalloped. These characteristics become increasingly accentuated for both sexes as the gonads mature further. Spent ovaries are recognized by their flaccid, empty and sac-like appearance. These ovaries either contain no eggs or only remnants of ripe ova in the lumen or among the folds together with what are apparently yolkless cells. Remnant material is usually concentrated in the anterior part of the ovary. The spent ovaries appear to remain in this condition for some time before they are eventually absorbed. Spent testes are also flaccid and give the appearance of shrinking as they too are absorbed. Maturing and mature eggs of the anchoveta are oval in shape.

Most of the fish obtained for the age and growth study were discarded after they were measured, but representative specimens from the majority of the collections were preserved in formaldehyde for later examination for sexual maturity. Usually 25 to 50 specimens were retained from each collection. They were selected to give a fair representation of the length frequency distribution encountered in each collection.

Females were examined for sexual maturity as follows. After measuring the length of each fish, the maximum width of the ovary was determined with the aid of a pair of dividers. A scalpel was then used to remove a small piece of the ovary, as close to the vent as possible. This piece of the ovary was examined under a binocular microscope to determine whether eggs were forming, and if so, their sizes. The procedure used was to tease apart the eggs from the ovarian tissue on a clear plastic slide. After separation of the eggs from the tissue, a few drops of water were added to the material and then covered with a coverslip. It was noted for each female whether eggs were discernible in the ovary and if so, it was recorded that either all eggs were less than 0.20 mm., or some were 0.20 mm. or more in length (length of case along the longest axis).

On the basis of the procedure described, the females examined were grouped into the following four categories according to the condition of their ovaries:

1. eggs not discernible to naked eye;
2. all eggs less than 0.20 mm. in length;
3. some eggs 0.20 mm. or greater in length;
4. spent.

When ovaries were found with eggs of 0.20 mm. or more in length, 100 of these eggs were measured. For convenience, and to preclude bias in selecting eggs for measuring, the plastic slide was divided into squares 3x3 mm. The squares were etched on the slide and the material was placed on

the face of the slide opposite to the etching. Eggs were measured with a micrometer eyepiece in a binocular microscope. The procedure for measuring 100 eggs from an ovary was to start in the first square at the upper left hand corner of the slide, work down the first row, up the second, down the third, and so on, until 100 eggs were measured. Total length of each egg was recorded.

In each of the years for which there were collections from April through July, all the anchovetas were sexually immature. The gonads were usually much less than a millimeter in width and threadlike in appearance. It was not possible to determine the sex of individuals by gross examination during this period. Since there was definitely no spawning occurring from April through July, only collections taken in the remaining months are considered.

Time and frequency of spawning

The number of fish examined for sexual maturity between August and March each spawning-year are shown in Table 4 according to date and place of capture. Condition of the ovaries is given according to the four categories defined above, and the information is also plotted by month and year in Figure 9.

Spent fish were first encountered in December in two of the three years for which there were data. Although few adult specimens were caught in January, February, and March, only spent individuals were found at this time of year. While it is not known how long it takes for the ovaries to be completely resorbed and to return to the resting stage after the fish finish spawning, it is suggested that this process takes two or three months. If it were more rapid, some females with mature ovaries (eggs $\geqq$0.20 mm.) probably should have been captured in January or February 1955. It is reasonable to conclude that no spawning occurred during February and March but that some reproduction may have taken place in January 1955. Probably, the same situation prevailed in the 1952-53 and 1955-56 seasons. Evidently, the reproductive period for the anchoveta terminates for the most part in December each year with perhaps minor activity during January.

Examination of Figure 9 shows that females of the category which were considered the most mature (eggs$\geqq$0.20 mm.) were present in November and December in all seasons for which there were collections. No collections were available in these months in either 1951 or 1953. Females of category 3 were also found in October in 1951, 1954 and 1955. Probably they were also present in October in 1952 and 1953 because females in this condition occurred in September of both years. There were no collections examined in October 1952 and only 11 females were available for October 1953. The latter were all caught on October 1. It seems safe to assume that females with eggs of 0.20 mm. or larger were present in the adult

population from October through December in all seasons and in at least two of the years some females reached this stage by the latter part of September. The few females taken in September 1952 and 1953, were caught during the last few days of the month (Table 4). On the average, the proportion of females falling in category 3 was much larger in November and December than in either September or October, which indicates that the female population as a whole was more advanced sexually during November and December. Figure 9 does not tell whether individuals falling in category 3 were any more mature, on the average, in one month than another. To study this, it was necessary to examine the size of the eggs of the females of category 3.

As explained above, from ovaries with eggs of 0.20 mm. or more in length, 100 such eggs were measured. For 1954 and 1955, the years in which sampling was more intense, there are plotted on the left hand side of Figure 10 the percentage length frequency distributions of the ova 0.20 mm. and larger which were measured from females of category 3 caught in October, November and December. In each month, the distribution appears as a composite of all the females. It was prepared for the two age groups separately and for the two combined. Separation of the two age groups in both seasons was made in accordance with the length frequency distributions found in Figures 3 and 5, and the tabulations given in Table 3. Shown on the right hand side of the figure are the length frequency distributions of the females represented.

For the present, the discussion will be confined to the length frequency distributions of the ova of the two age groups combined found in the third panel from the left. This shows that the length frequency distributions of the ovarian eggs in November were nearly identical with those of December in 1954 and again in 1955. In both years, the eggs were considerably larger, on the average, in these months than they were in October. This was particularly true in 1954. However, only one female was represented in October 1954. The following tabulation effectively illustrates these features:

	1954		1955	
	Mean egg length mm.	Maximum egg length mm.	Mean egg length mm.	Maximum egg length mm.
October	0.20	0.26	0.36	0.70
November	0.33	0.89	0.43	0.70
December	0.35	0.78	0.42	0.78

It appears that in both years, females in category 3 were, on the average, as mature in November as in December. Because a maximum egg length of 0.70 mm. occurred in October 1955 it would appear that *some* individuals taken in this month were as mature as the most advanced found in November and December of that year.

Because they were so few, data for 1951, 1952, and 1953 were not

included in Figure 10. A summary of the egg lengths measured in these years follows:

	1951		1952		1953	
	Mean egg length mm.	Maximum egg length mm.	Mean egg length mm.	Maximum egg length mm.	Mean egg length mm.	Maximum egg length mm.
September			0.36	0.62	0.35	0.69
October	0.48	0.79				
November			0.40	0.69		
December			0.32	0.64		

Remembering that the September fish in category 3, both in 1952 and 1953, were caught during the last few days of the month, and that the data were sparse, it appears that, as in 1954 and 1955, each year there were *some* fish as mature in the latter part of September and in October as in November and December.

The maximum length recorded for an ovarian egg was 0.89 mm. This egg was taken from a female captured in November 1954. Mean length of the upper 10 per cent of the frequency distribution of the eggs measured from this fish was 0.85 mm. Mean length of the upper 10 per cent of all eggs measured from females caught in November and December 1954 was 0.47 mm. In 1955 it was 0.56 mm. The length of the largest ovarian egg encountered in each of these months is shown in the tabulations above. Lengths ranged from 0.70 to 0.89 mm.

The largest ovarian egg encountered are much smaller than the fertilized planktonic egg of the anchoveta. The latter has been identified as having an average total length of 1.17 mm. (Simpson, ms.). Measurements obtained by Simpson were from eggs preserved in formalin. The perivetelline space of these eggs was appreciable, since total yolk length measured approximately 1.00 mm. Because ovarian eggs had no measurable perivitelline space, its presence in the fertilized eggs may have resulted from water absorption after deposition or shrinking of the yolk during preservation. Conceivably then, the fully mature ovarian eggs are from 1.00 to 1.17 mm. in length.

Fully mature or ripe females were not encountered in the collections. Their absence suggests that either the ripe fish were segregated from the main population during reproduction, and were not available to the methods of capture used, or that the time interval required for reaching full maturity after reaching the stage of development of the most mature fish examined, is very short.

Since the largest ovarian eggs examined were probably considerably smaller than they would be at the time of actual spawning, the data available from this study may not provide a precise determination of the onset of the reproductive period. However, it is reasonably certain that spawning occurred in December 1952, 1954 and 1955 because of the time sequence in the appearance of the spent individuals. The presence of spent fish together

with mature fish for the first time in December 1952 and 1955 indicates rather clearly that spawning was taking place then. The fact that only spent fish were captured in January 1955 seems to be good evidence that spawning occurred during December 1954. It might be hypothesized that reproduction also took place in October and November in these same years because good proportions of the females examined for these months were equally as mature as those taken in December. If this hypothesis is accepted, it may be concluded that spawning started during the first part of October and continued at least through December in 1952, 1954, and 1955. The situation may or may not have been similar in 1951 and 1953. Considering the proportion of most mature females (category 3) each month, it might be judged that the peak of spawning occurred in November and December.

There is other evidence to support the conclusions drawn above. In the fall of 1956, an intense investigation of the early life history of the anchoveta of the Gulf of Panama was initiated. Planktonic eggs of this species were first taken in plankton net hauls in October and they were present in these hauls until the latter part of January 1957 (Simpson, ms.). Thereafter, they did not appear again in the plankton until October 1957. Preliminary examination of contents of hundreds of plankton samples indicated that anchoveta eggs were most abundant from the latter part of November until the latter part of December. They were not abundant in January. The results of these studies will be reported in a future *Bulletin*.

Simpson's evidence concerning the onset of spawning and its duration is, of course, based on information for the 1956-57 season. Later, page 415, it is shown that the relative maturity of the female population during this season closely paralleled that in 1955-56. Actually, it appears from Figure 9 that except for minor variations in onset and completion, the reproductive period for the anchoveta is approximately the same each year.

Frequency of spawning within a season

If all anchovetas reach sexual maturity at the same time, growth of the ova could be easily followed. Since they do not, no chronological arrangement of the data can be made to show the time sequence of development. However, the development of succeeding "batches" of maturing eggs (if any) can be studied by the procedures employed by Clark (1934), Schaefer (1936) and others. In Figure 11, following these procedures, there are compiled for 1954 and 1955, the average percentage length frequency distributions of the egg measurements of all fish grouped according to the position of the last mode in the length frequency distribution of each. Ten equal length intervals for the position of the last mode were selected between 0.20 and 0.69 mm. The numbers of fish included in each group are shown.

The uppermost panel depicts the most immature ovaries which contain some eggs of 0.20 mm. or more in length. As the ovary matures (in succeeding panels below), a single mode of the larger eggs separates from a second mode of smaller eggs. The question arises as to whether the mode of smaller eggs develops to maturity, either in the present spawning season or in a succeeding season. Progression of the mode of smaller ova would indicate that a second batch of eggs matures after the first batch is spawned. Non-progression of the secondary group would indicate that the smaller eggs will be absorbed after the more mature eggs are spawned. Certainly, the secondary mode of smaller eggs cannot represent eggs which are to be spawned in the next year, because no anchovetas were taken between April and August which had any eggs even as large as these.

If individual anchovetas spawned more than once, Figure 11 should show a picture similar to that found for the California sardine by Clark (1934, Figure 3). Clark demonstrated the multiplicity of modes in the frequency curves of ova diameters taken from maturing sardine ovaries, and demonstrated that distinct batches of eggs successively grew to maturity. Figure 11 indicates no such progression. Rather, as the mode representing the larger eggs moves to the right, the secondary mode tends to be more or less stationary, indicating that the development of the eggs in the latter does not parallel that of the larger eggs. Further, a third mode never appears. It is concluded, therefore, that the female anchovetas probably spawn only one batch of eggs and that the smaller eggs in the secondary mode degenerate and are absorbed.

Age at first maturity

Except in 1953, when collections were only available until October 10, some females examined during October or November contained ovaries with a mean egg size of 0.20 mm. or larger (Figure 9). Length frequency distributions are shown in the right hand panels of Figure 10 for these females obtained during October, November, and December 1954 and 1955. Reference to Figures 3 and 4 demonstrates that fish completing their first year were well represented. In November 1952, females as small as 121 mm. were included in the 17 shown in Figure 9. One year old fish were also included in the October 1951 panel of the same figure. The evidence clearly demonstrates that anchovetas in the Gulf of Panama spawn for the first time when they reach one year of age.

Age in relation to time of annual spawning

The data shown in Figure 10 may be used to study the question of whether the onset of maturity within the season is age-connected. A summary of the data used in the comparison of the two age groups is provided in Table 5. No females completing their second year or more were caught in October 1954. In November, only 2 were examined. Both fish contained

some eggs larger than 0.20 mm. In contrast, 18.2 per cent of the first year females had ovaries with indiscernible eggs in November. A similar situation existed in December 1954. In October 1955, 96.7 per cent of the females completing their second year or more had ovaries with eggs larger than 0.20 mm. while only 68.7 per cent of those a year younger was in the same condition. In November 1955, fish of both age groups were equally mature. During December, a greater proportion of the first age group was found in a spent condition.

Although the data are meager, there is a suggestion that the older fish, on the average, mature a little in advance of the one year old fish. Similarly, the data for December 1955 imply that the one year old females perhaps finished spawning a little sooner than the older ones.

Consideration of a "gonad index" to sexual maturity

Many workers have used size of ovarian eggs to measure the relative sexual maturity of fishes. Kikawa (1953), Yuen (1955), and Schaefer and Orange (1956) have also related size of ovarian eggs to weight of ovary and total weight of the female and then developed indices from the latter two measurements as a measure of maturity. When such a relationship exists, it is frequently far less laborious to weigh an ovary than to measure eggs to determine stage of sexual maturity, at least for large fish. However, for a fish as small as the anchoveta, it would be time consuming to dissect out and weigh the small ovaries. Use of some linear measurement of the ovary has more appeal.

In the anchoveta, the most immature ovary extends the entire length of the body cavity. Growth of the ovary, which results from the growth of maturing ova, is confined to an increase in width and thickness, width being regarded as the dorsal-ventral dimension. Measurement of either width or thickness can be taken rapidly. Because mature ovaries increase in width more than thickness, width appeared to be the more suitable of the two measurements from which to develop an index of maturity. The maximum width of the ovary was recorded for females examined for sexual maturity.

In relating size of ova to width of gonad, the possibility that width of gonad is related to fish size had to be considered. This meant that the relation between the gonad width, size of eggs, and length of fish should be treated as a regression problem in three variables. To simplify the analysis, fish length and gonad width were combined to eliminate one variable and the relation between egg length and the following "gonad index" was investigated:

$$\text{gonad index} = \frac{\text{width of gonad in mm.} \times 10^2}{\text{standard length of fish in mm.}}$$

When fish were found which had ovaries with some eggs of 0.20 mm. in length or more, 100 of these eggs were measured. For these fish, the

relation between mean length of eggs measured and gonad index was investigated. Mean egg length was considered suitable because it appeared from Figure 8 that anchovetas only spawn one batch of eggs. Had successive batches of eggs been found which developed simultaneously, mean egg size would be unduly influenced by the numerous smaller eggs. In this case, use of the position of the 95th or some other centile of the total frequency distribution might have been better.

In Figure 12 are plotted for the fish examined in both 1954 and 1955, mean egg length (of eggs $\geq$0.20 mm.) against gonad index. Also drawn for both years are the linear mean square regression lines fitting the data according to two age groups: (1) fish completing their first year, and (2) fish completing their second year or more. The statistics of regression for these four groups and other combinations of the data are provided in Table 6. Examination of the linearity of the several regressions using an analysis of variance procedure described by Chambers (1952, p. 85) is given in Table 7.

The data in Table 7 show that the regressions of mean egg length on gonad index for the individual age groups in 1954 and 1955 did not depart from linearity. None of the variance ratios (F-values) was significant. However, values of F were significant each time age groups were pooled either in the same year or for different years, indicating that the regressions for such combinations depart significantly from linearity. The one exception was for the pooling of the two year fish of 1954 with the corresponding age group of 1955.

Results of the linearity tests indicated that there were significant differences between age groups and years for the regressions of mean egg length on gonad index. To confirm this suggestion, and to determine the sources of the differences, comparisons of the samples of the two age groups in and between the two years were made by the usual covariance analysis (Kendall 1946, p. 237), the results thereof being given in Table 8. Comparing the two age groups in the same year, in both 1954 and 1955, the samples of one year old fish and two year old fish did not agree with the hypothesis that they were drawn from a homogeneous population (Table 8, first two sections). In 1954 there was a significant difference between regression coefficients and in 1955 there was a significant difference in adjusted means (i.e. in the levels of the regression lines). Comparison of the one year old fish of 1954 with the one year old fish of 1955 showed the two regressions to be significantly different, as a result of the differences between the regression coefficients. The same comparison for fish two years old or more gave the same result. The difference in this case resulted from a significant difference in the levels of the regression lines.

These analyses showed that a linear relationship between mean egg length and gonad index holds only for single age groups. Moreover, they demonstrated that the relationship between the two variables changes from

year to year for the same year class (i.e. one year old fish in 1954 and two year old fish in 1955) and differs significantly for different age classes making up the population in a given year. Therefore, if gonad index is to be used during a particular spawning season to predict mean egg length, the relationship between the two variables must be established for each age group present in the population. In other words, the relationship between gonad index and mean egg length determined in a prior year will not be applicable.

Despite the fact that the relation between gonad index and egg size varies with age groups and from one year to the next for the same year class, it still is a useful tool to show for a given year approximately when the anchoveta population reaches its maximum sexual maturity. It is evident that the fish must spawn when the eggs reach a certain maximum size, and that, on the average, an increase in egg size is accompanied by an increase in the value of the gonad index.

Application of the gonad index

Analysis of the material collected between June 1951 and January 1956 for the sexual maturity study was well advanced before spawning began in 1956. It was decided to use the gonad index to describe the relative sexual maturity of the anchoveta population during that season, to learn when the peak of spawning occurred, and to compare the reproductive activity in 1956 with that of the two previous seasons, 1954 and 1955.

The number of females examined each month during the 1956 spawning season according to age group was as follows:

	Fish completing first year	Fish completing second year or more	Total
October, 1956	49	1	50
November	285	5	290
December	39	0	39
January, 1957	9	0	9
Total	382	6	388

Over 98 per cent of the 388 females examined were completing their first year. The proportion of one year males was similar, only 5 or 1.9 per cent of 265 were fish in their second year or more.

Figure 13 shows the relative sexual maturity, as measured by the gonad index, of fish completing their first year in 1954, 1955, and 1956. A separate chart for fish in their second year or more is not shown because of the small proportion, less than 2 per cent, of this age group found in 1956. Figure 13 covers a three month period, October, November, and December for each year. No specimens of adults were collected in September 1956. Only spent females were encountered in January 1955, 1956 and 1957.

The frequency distributions of gonad index values shown in Figure 13 indicate that the relative maturity of females in October through December 1956 was similar to those examined during the same period in 1955. It was noted on page 410 that planktonic eggs of the anchoveta were found in net hauls in October 1956 through January 1957. They were most abundant from the latter part of November through December. Figure 13 indicates that the gonad index reached its maximum in November and December. Some spent fish were found in November, and over 50 per cent of the individuals examined in December were spent.

Apparently, reproduction in 1956 began in October when the gonad index values for nearly half the population was between 3 and 6 and reached a peak in November and December. Although the 9 females caught in January 1957 were spent, some anchoveta eggs were found in the plankton samples taken during this month which indicates that a minor amount of spawning occurred then.

The gonad index distribution for the maturing females examined in 1954 and 1955 (Figure 13) gives essentially the same picture as the distribution of mean egg size (Figure 9). With the gonad index material for 1956 included in Figure 13, the previous conclusions about the time and duration of annual spawning of the anchoveta remain the same. Spawning begins in October each year and ends in the following January. Peak of activity is in November and December. There is probably some variation from year to year in the intensity of spawning during October, because Figures 9 and 13 indicate that the population is more advanced sexually in October in some years than others. Although only spent fish were encountered in January 1955 and 1957 their numbers were small. It seems, therefore, reasonable to assume that the amount of spawning that occurs during this month also varies.

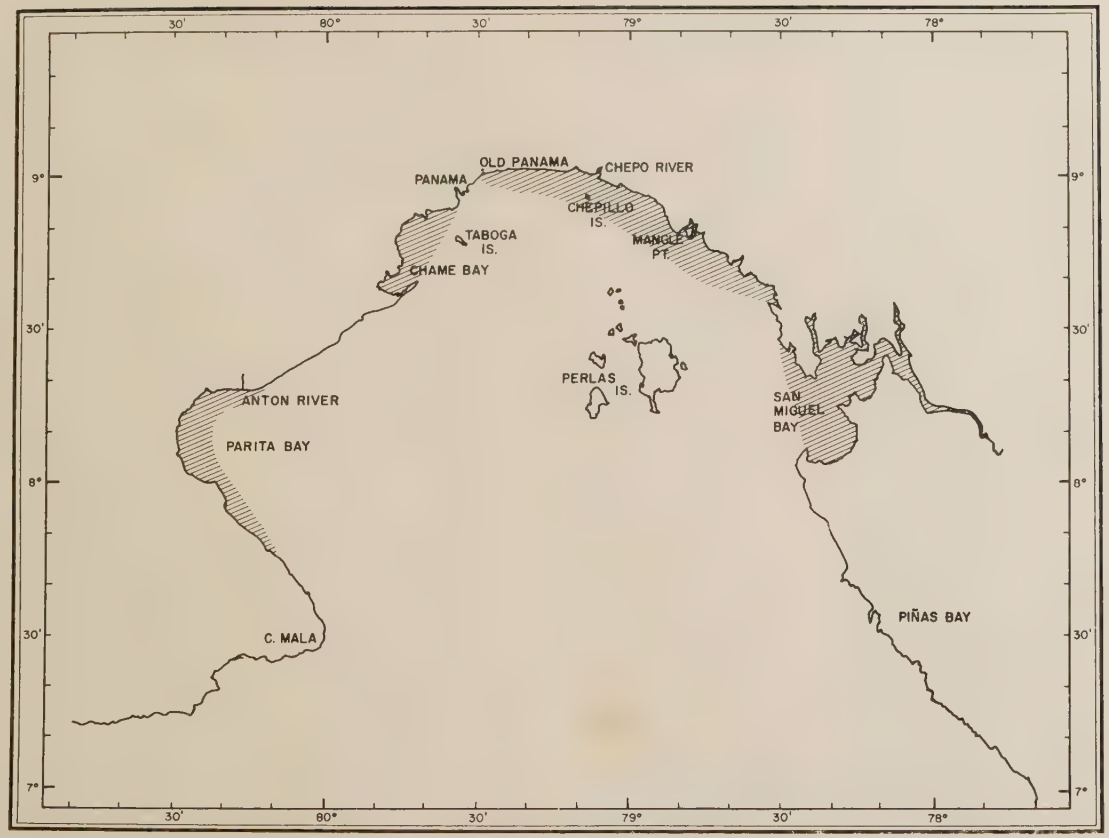


Figure 1. Chart of the Gulf of Panama. Shaded parts indicate the major areas of abundance for anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)* of greater than 100 mm. standard length. Smaller fish are usually caught offshore.

Figura 1. Mapa del Golfo de Panamá. Las partes sombreadas indican las áreas de mayor abundancia de la anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)* de más de 100 mm. de longitud standard. Los peces más pequeños generalmente se capturan lejos de la orilla.

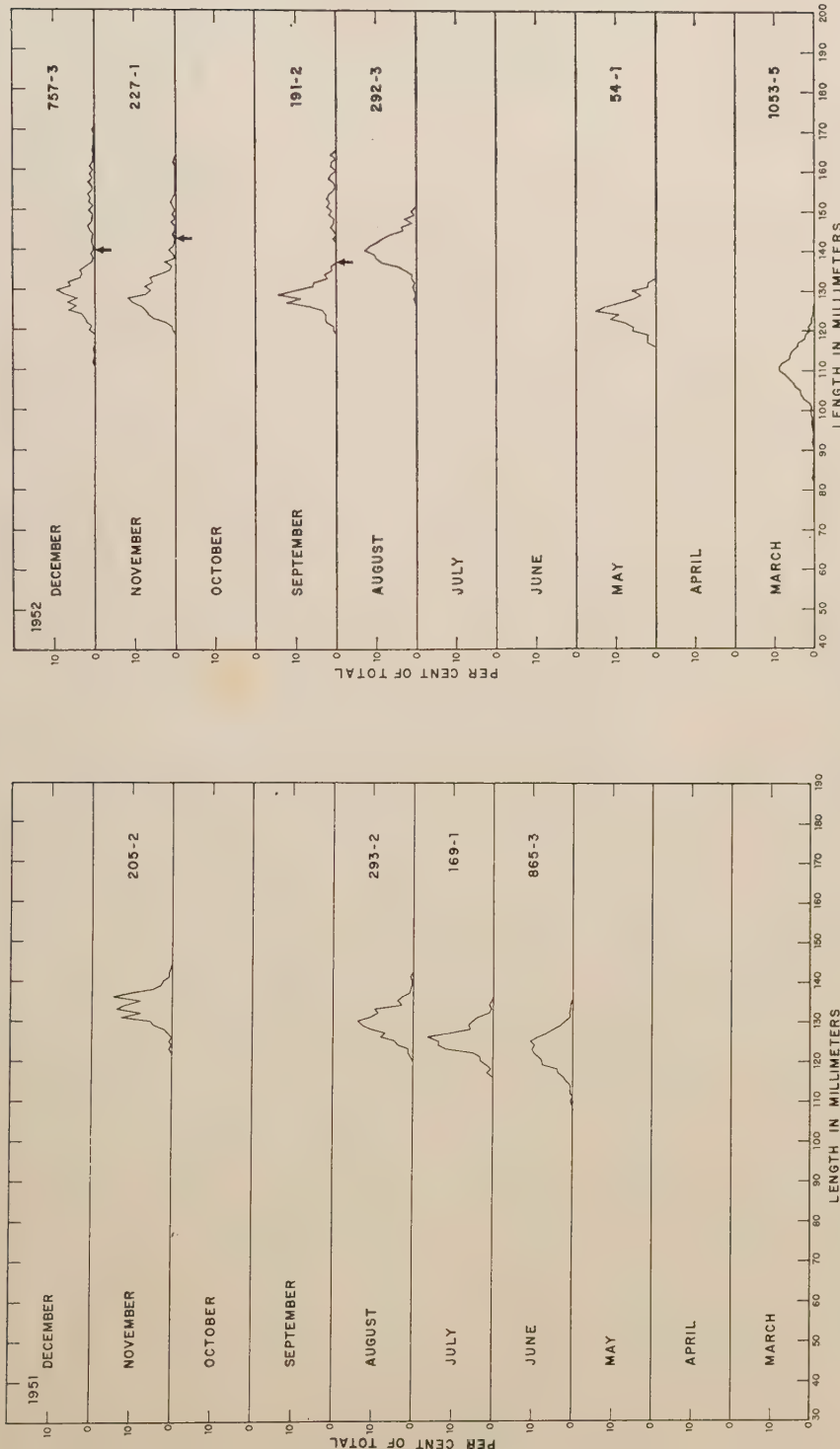
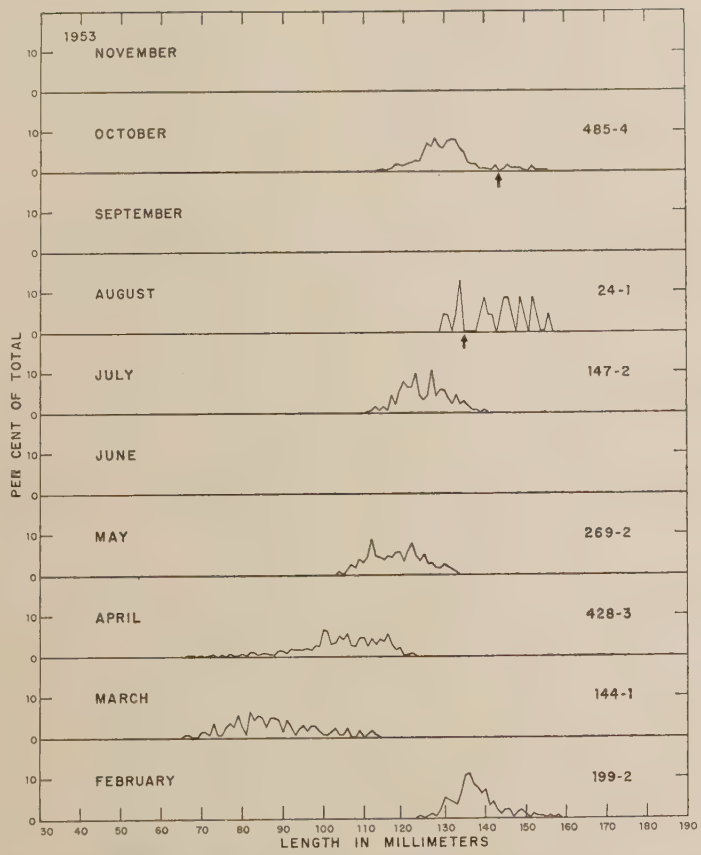


Figure 2. Monthly length frequency distributions expressed in percentage of anchovetas collected by tuna fishermen from June 1951 through December 1952.

Figura 2. Distribuciones mensuales de frecuencias de longitud, expresadas en porcentajes, de las anchovetas recolectadas por los pescadores de atún de junio de 1951 a diciembre de 1952.



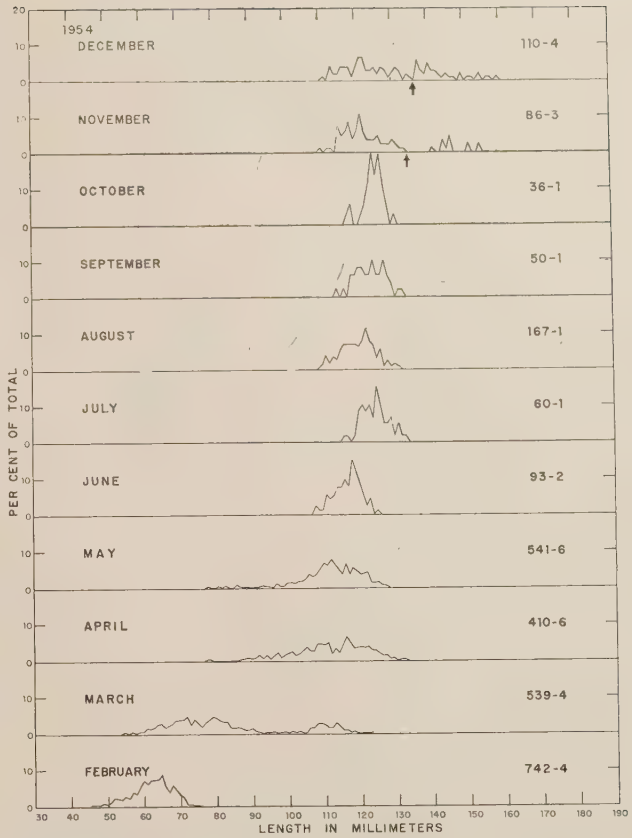
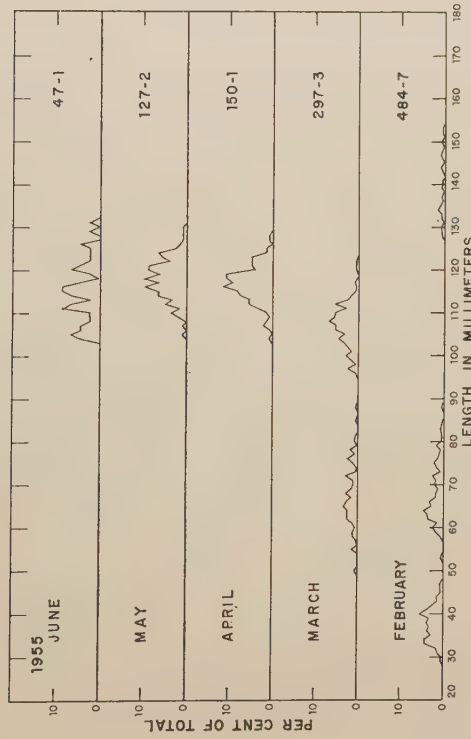


Figure 3. Monthly length frequency distributions expressed in percentage of anchovetas collected by tuna fishermen from February 1953 through August 1954 and Commission personnel from September through December 1954.

Figura 3. Distribuciones mensuales de frecuencias de longitud, expresadas en porcentajes, de las anchovetas recolectadas por los pescadores de atún de febrero de 1953 a agosto de 1954 y por personal de la Comisión desde septiembre hasta diciembre de 1954.



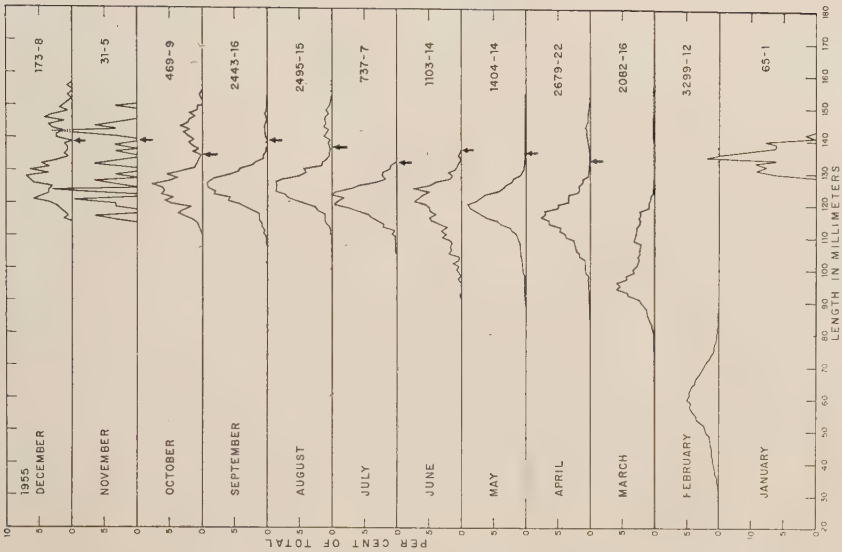


Figure 4. Monthly length frequency distributions expressed in percentage of anchovetas collected by tuna fishermen from February through June 1955 (left hand side) and by Commission personnel from January through December 1955 (right hand side).

Figura 4. Distribuciones mensuales de frecuencias de longitud, expresadas en porcentajes, de las anchovetas recolectadas por los pescadores de atún de febrero a junio de 1955, (en el lado izquierdo) y por el personal de la Comisión desde enero hasta diciembre de 1955 (en el lado derecho).

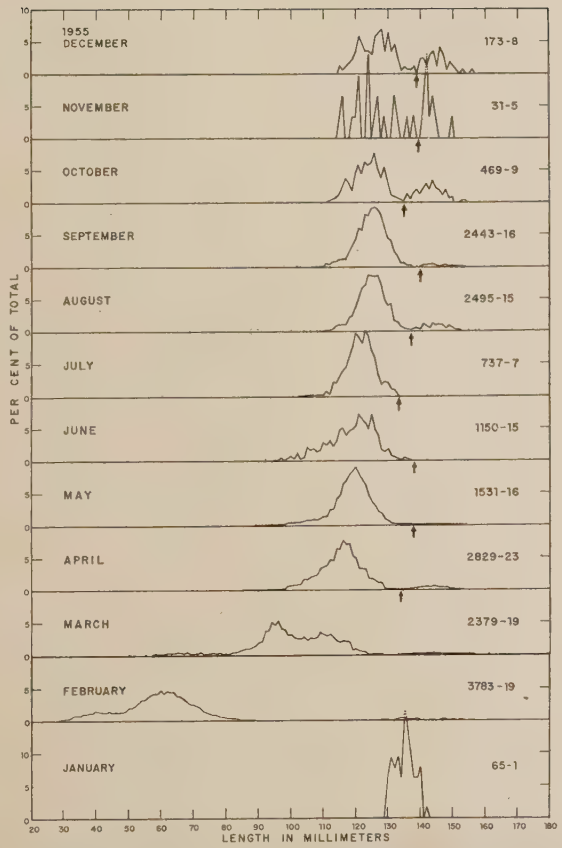


Figure 5. Both sets of data of Figure 4 combined to show monthly length frequency distributions expressed in percentage of all anchovetas collected during 1955.

Figura 5. Las dos series de datos de la Figura 4 combinados para mostrar las distribuciones mensuales de frecuencias de longitud, expresadas en porcentajes, de todas las anchovetas recolectadas durante 1955.

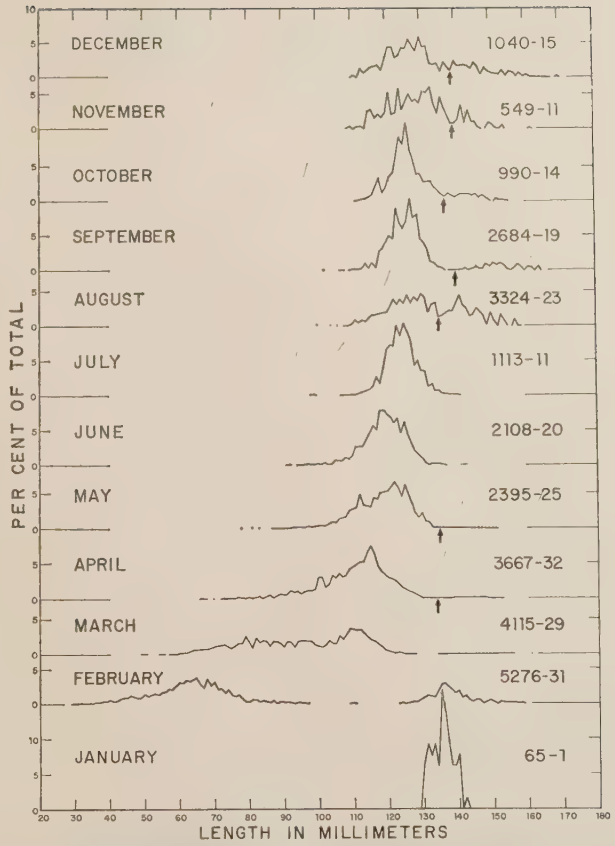


Figure 6. Monthly length frequency distributions, expressed in percentage, combining all collections from June 1951 through January 1956.

Figura 6. Distribuciones mensuales de frecuencias de longitud expresadas en porcentajes, para la combinación de todas las recolecciones desde junio de 1951 hasta enero de 1956.

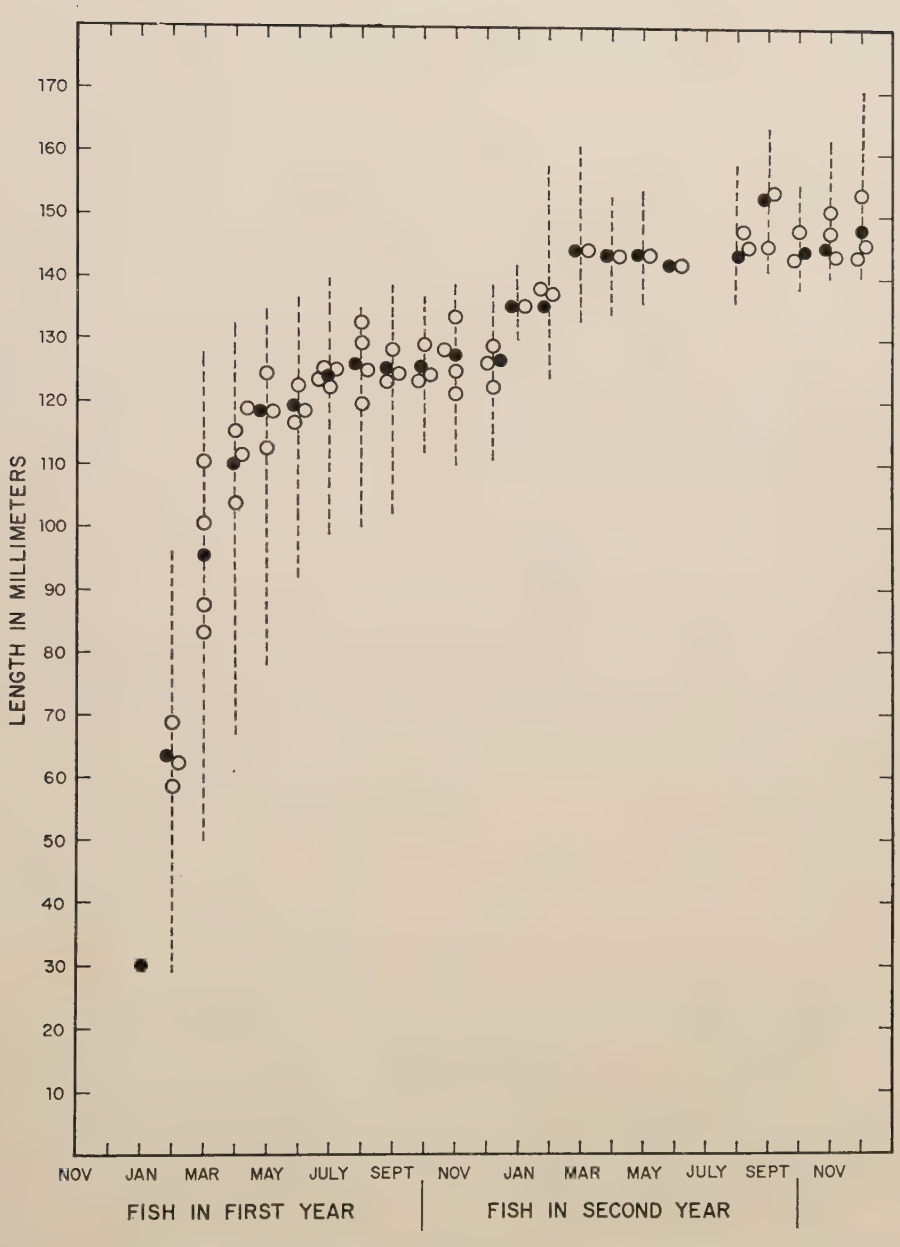


Figure 7. Mean monthly lengths plotted to depict growth of the anchoveta assuming that only two age groups occur.

Figura 7. Longitudes medias mensuales presentadas gráficamente para describir el crecimiento de la anchoveta y en la suposición de que existen sólo dos grupos de edad.

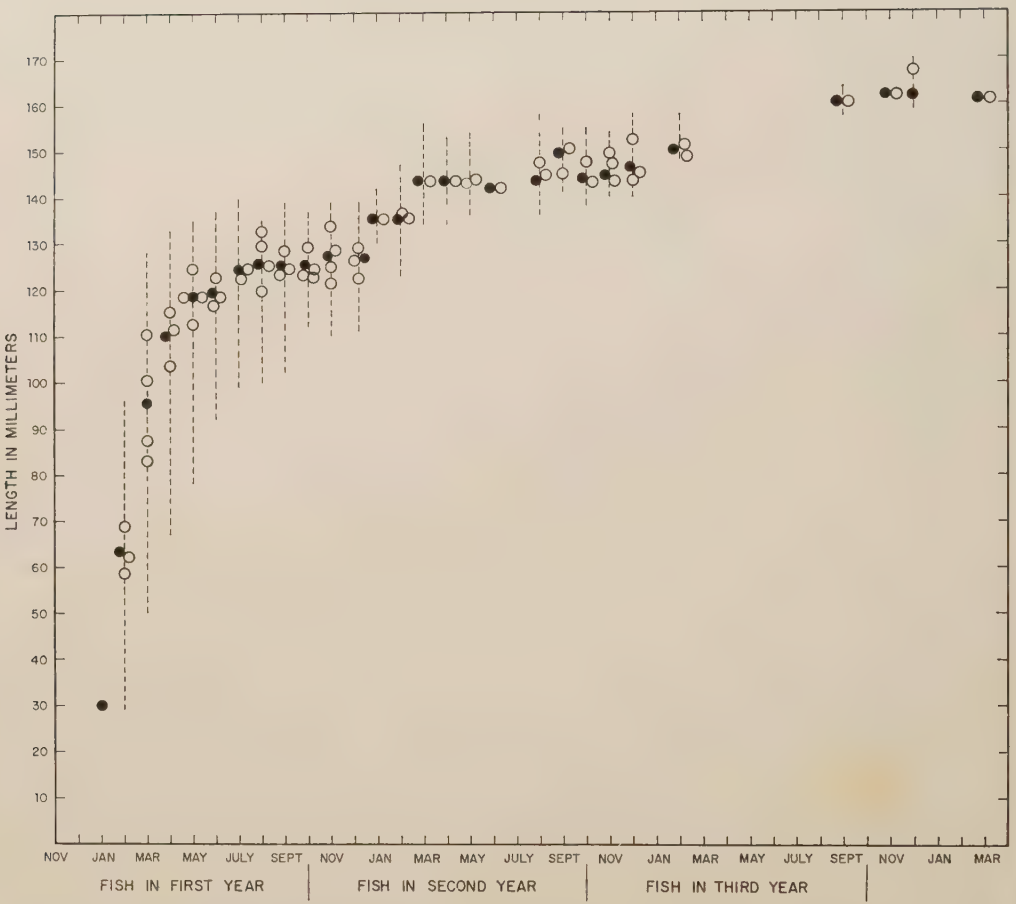


Figure 8. Mean monthly lengths plotted to depict growth of the anchoveta assuming that three age groups occur.

Figura 8. Longitudes medias mensuales presentadas gráficamente para describir el crecimiento de la anchoveta y en la suposición de que existen tres grupos de edad.

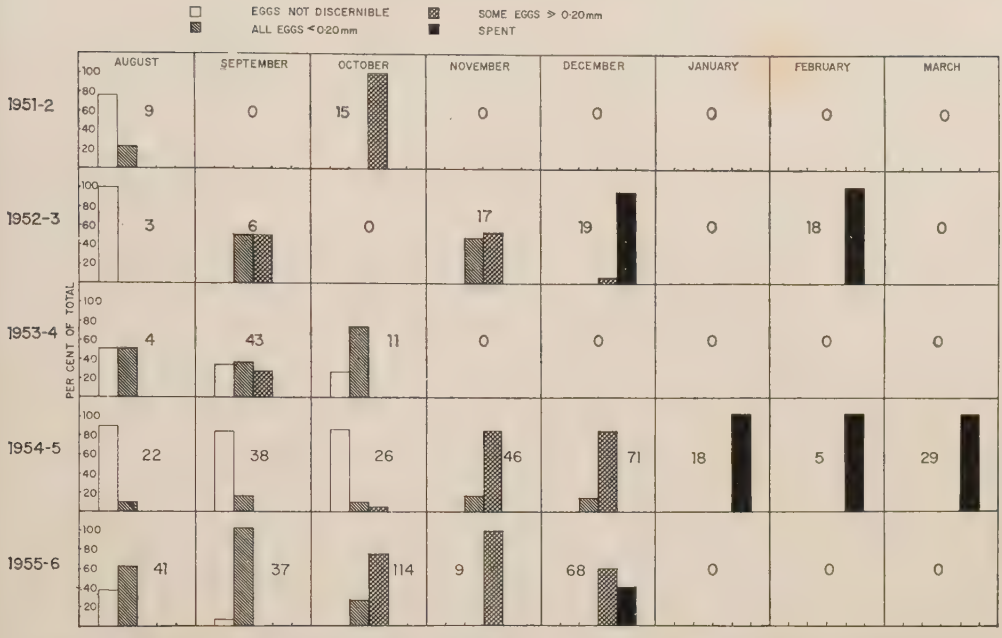


Figure 9. Condition of ovaries of anchovetas from August through March in 1951-52, 1952-53, 1954-55 and 1955-56. Monthly distributions are expressed in percentage and numbers in panels indicate number of females examined.

Figura 9. Condición de los ovarios de la anchoveta desde agosto hasta marzo en 1951-52, 1952-53, 1954-55 y 1955-56. Las distribuciones mensuales están expresadas en porcentajes, y los números en los paneles indican las cantidades de hembras examinadas.

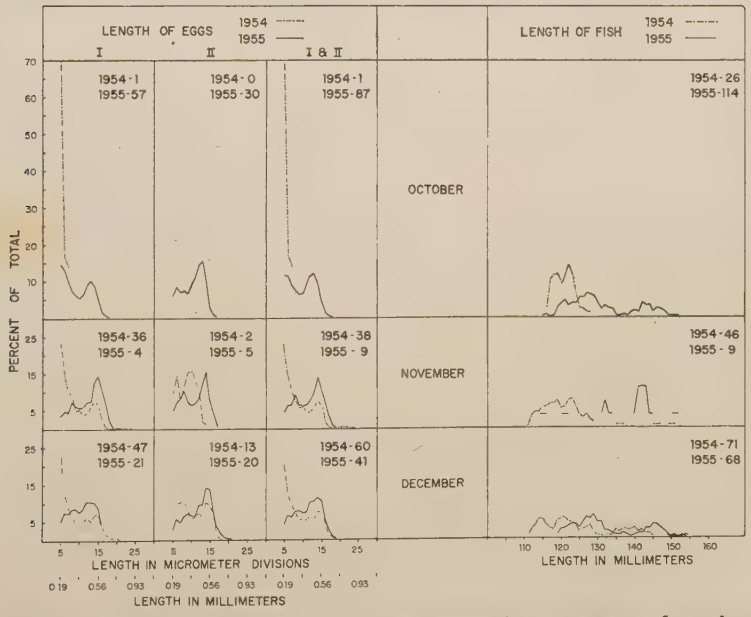


Figure 10. Monthly length frequency distributions, expressed in percentage, of ovarian eggs measured, and females examined for sexual maturity in October, November and December 1954 and 1955.

Figura 10. Distribuciones mensuales de frecuencias de longitud de los huevos ováricos medidos, y de las hembras examinadas para la determinación de la madurez sexual en octubre, noviembre y diciembre de 1954 y 1955. Ambas distribuciones se indican en porcentajes.

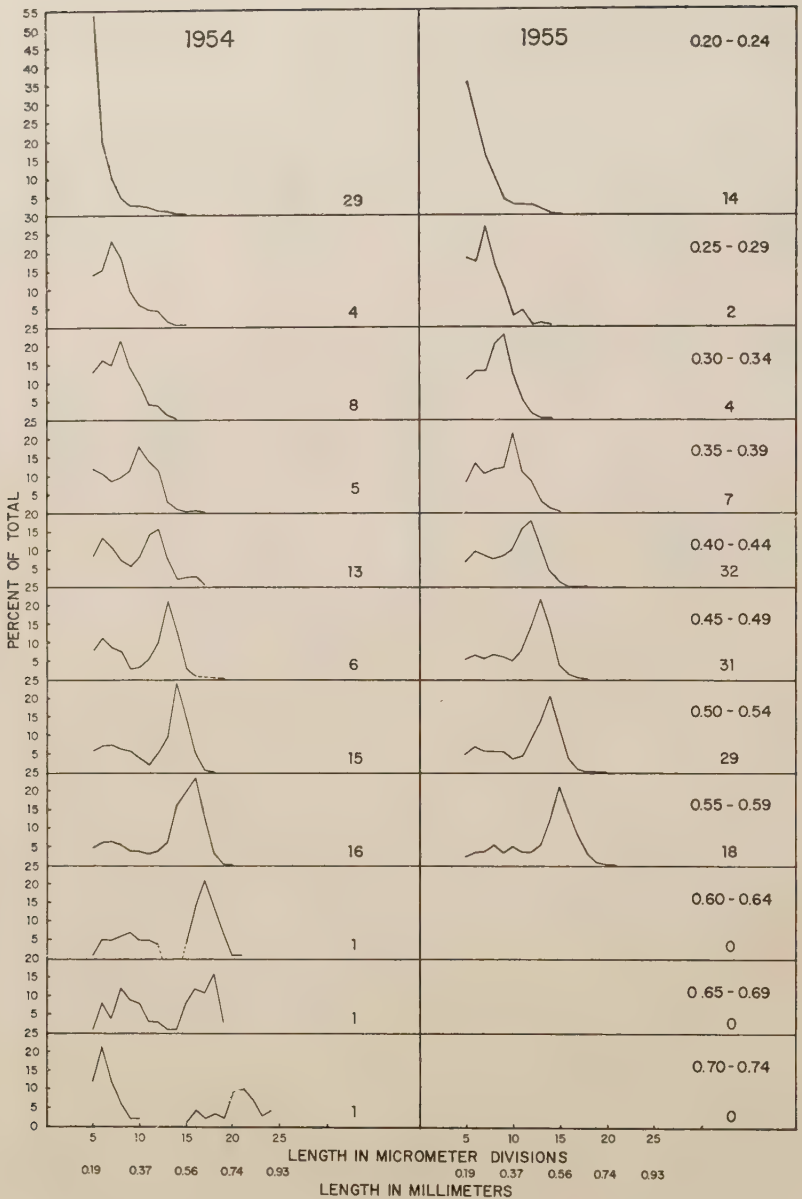


Figure 11. Representation of the course of development of ovarian eggs above 0.20 mm. in 1954 and 1955, by grouping length frequency distributions of ovarian eggs according to the position of the mode of largest eggs.

Figura 11. Representación del curso seguido por el desarrollo de los huevos ováricos mayores de 0.20 mm. en 1954 y 1955. Esta representación se ha logrado al agrupar las distribuciones de frecuencias de longitud de los huevos ováricos de acuerdo con la posición del modo correspondiente a los huevos más grandes.

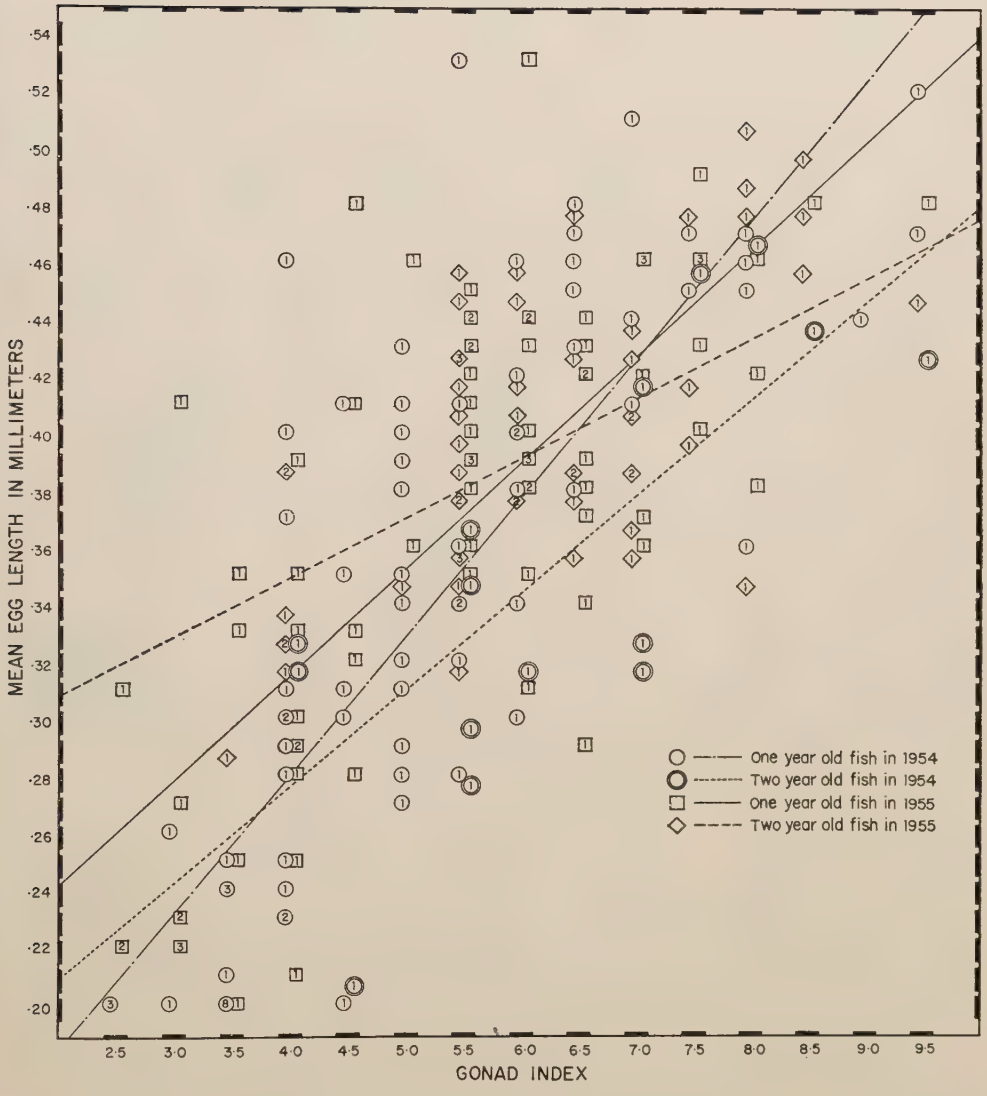


Figure 12. Relationship between value of gonad index and mean length of eggs ≧0.20 mm. Points are plotted separately for fish completing their first year and fish completing their second year or more in both 1954 and 1955. Number of specimens for each point is indicated by number in symbol.

Figura 12. Relación entre el valor del índice de gónadas y la longitud media de los huevos ≧0.20 mm. Los puntos indican separadamente los peces que estaban al final de su primer año y aquéllos que finalizaban su segundo o mayores tanto en 1954 como en 1955. El número de especímenes para cada punto está indicado por el número en el símbolo.

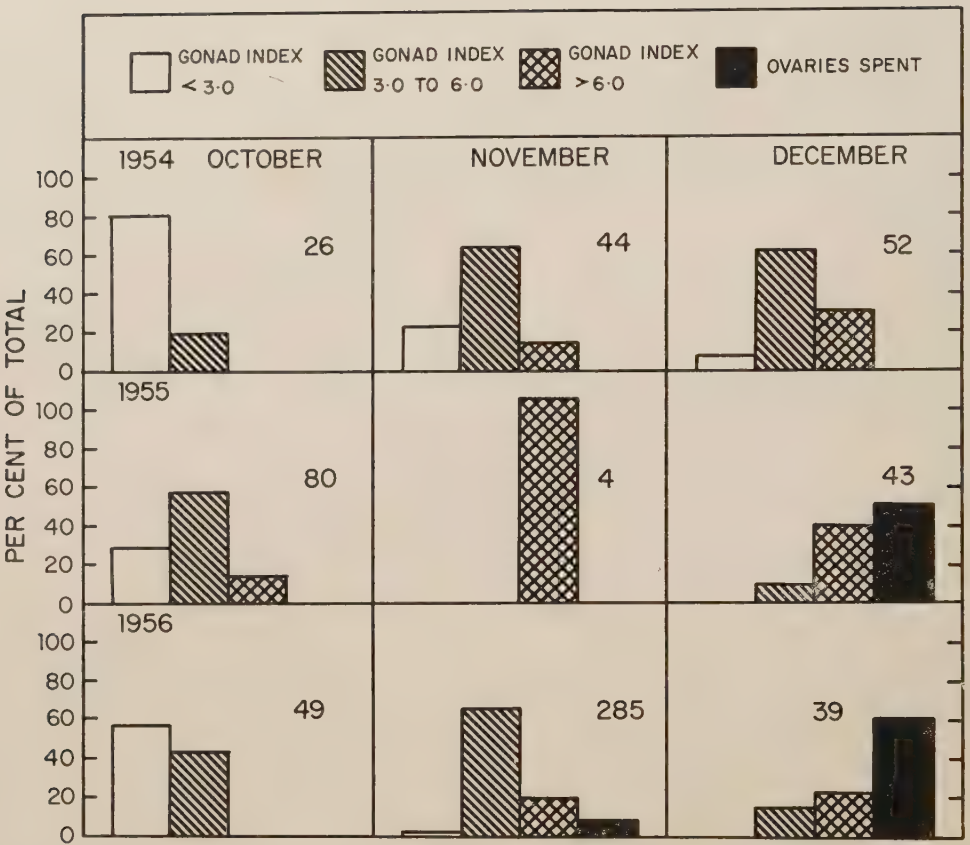


Figura 13. Condition of the ovaries of anchovetas completing their first year in October, November and December 1954, 1955 and 1956 as measured by the gonad index. Monthly distributions are given in per cent. Numbers in panels indicate number of females examined.

Figura 13. Condición de los ovarios de las anchovetas al final de su primer año, en octubre, noviembre y diciembre de 1954, 1955 y 1956, determinada por medio del índice de gónadas. Las distribuciones mensuales están indicadas en porcentajes. Los números en los paneles indican el número de hembras examinadas.

TABLE 1. Number of collections and number of anchovetas measured for age and growth according to month and year.

TABLA 1. Número de recolecciones y número de anchovetas medidas para determinación de la edad y el crecimiento de acuerdo con el mes y el año.

Month	1951		1952		1953		1954		1955		1956		Total for all years	
	No. of: Coll.	Spec.	No. of: Coll.	Spec.	No. of: Coll.	Spec.	No. of: Coll.	Spec.	No. of: Coll.	Spec.	No. of: Coll.	Spec.	No. of: Coll.	Spec.
Mes	No. de: Recol.	Espec.	No. de: Recol.	Espec.	No. de: Recol.	Espec.	No. de: Recol.	Espec.	No. de: Recol.	Espec.	No. de: Recol.	Espec.	Total para todos los años: No. de: Recol.	Espec.
January									1	65			1	65
February					2	199	4	742	19	3783	6	552	31	5276
March			5	1053	1	144	4	539	19	2379			29	4115
April					3	428	6	410	23	2829			32	3667
May			1	54	2	269	6	541	16	1531			25	2395
June	3	865					2	93	15	1150			20	2108
July	1	169			2	147	1	60	7	737			11	1113
August	2	293	3	292	1	24	2	220	15	2495			23	3324
September			2	191			1	50	16	2443			19	2684
October					4[2]	485	1	36	9	469			14	990
November	2[1]	205	1	227			3	86	5	31			11	549
December			3	757			4	110	8	173			15	1040
	8	1532	15	2574	15	1696	34	2887	153	18085	6	552	231	27326

[1] One sample caught Oct. 31

[2] Two samples caught on Sept. 29 and 30

[1] Una muestra recogida el 31 de octubre.

[2] Dos muestras recogidas en sept. 29 y 30

TABLE 2. All collections of anchovetas made from tuna clippers between February and May 1954 showing the size range and mean length in millimeters for each and an analysis of variance to demonstrate the tendency to aggregate by size.

TABLA 2. Recolecciones de anchovetas hechas por los clípers atuneros entre febrero y mayo de 1954, con indicación del rango de tamaño y la longitud media en milímetros para cada una, y un análisis de variancia para demonstrar la tendencia a la agrupación por tamaños.

Month	Sample No.	No. of specimens	Size range mm.	Mean length mm.	Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	Variance ratio (F)	
Mes	Muestra No.	No. de especímenes	Rango de tamaño mm.	Longitud media mm.		Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Proporción de la variancia (F)	Origen de la variancia
February	1	116	46- 73	66.48	Total	741	22,643.9			Total
	2	204	46- 69	59.71	Between samples	3	4,392.2	1,464.10		Entre muestras
	3	207	44- 72	60.50	Within samples	738	18,251.7	24.73	59.20*	Dentro de las muestras
	4	215	46- 75	63.57						
All samples		742	44- 75	62.11						Todas las muestras
March	1	242	61- 95	76.97	Total	538	140,339.4			Total
	2	112	90-123	110.05	Between samples	3	119,369.5	39,789.85		Entre muestras
	3	130	55- 77	68.55	Within samples	535	20,969.9	39.20	1015.05*	Dentro de las muestras
	4	55	71-109	88.31						
All samples		539	55-123	82.97						Todas las muestras
April	1	68	110-129	117.91	Total	409	39,100.4			Total
	2	65	78-114	110.11	Between samples	5	23,827.6	4,765.52		Entre muestras
	3	37	101-132	120.70	Within samples	404	15,272.8	37.80	126.07*	Dentro de las muestras
	4	109	89-124	107.46						
	5	56	90-120	106.54						
	6	75	109-131	120.67						
All samples		410	78-131	111.51						Todas las muestras
May	1	87	105-126	115.34	Total	540	28,738.0			Total
	2	150	93-123	109.17	Between samples	5	10,180.1	2,036.02		Entre muestras
	3	53	78-119	103.60	Within samples	535	18,557.9	34.69	58.69*	Dentro de las muestras
	4	95	106-127	118.22						
	5	54	106-125	115.50						
	6	102	101-127	112.94						
All samples		541	78-127	112.55						Todas las muestras
All months										Todos las meses
					Between samples same month	16	157,769.4	9,860.59		Entre muestras mismo mes
					Within samples same month	2212	73,052.3	33.03	298.53	Dentro de las muestras mismo mes

*Significant, $P < 0.01$

*Significativo, $P < 0.01$

TABLE 3. Number of anchovetas collected each month from June 1951 through January 1956 according to age class, giving size range, and mean length. In the last column on the right the data for all years are combined.

TABLA 3. Número de anchovetas recolectadas cada mes de junio de 1951 a enero de 1956 de acuerdo con la clase de edad, con indicación del rango de tamaño y la longitud media. En la última columna a la derecha se han combinado los datos de todos los años.

Month collected / Mes de la recolección	No. of spec. / No. de especímenes	Size range mm. / Rango de tamaño mm.	Mean mm. / Medio mm.	No. of spec. / No. de especímenes	Size range mm. / Rango de tamaño mm.	Mean mm. / Medio mm.	No. of spec. / No. de especímenes	Size range mm. / Rango de tamaño mm.	Mean mm. / Medio mm.	No. of spec. / No. de especímenes	Size range mm. / Rango de tamaño mm.	Mean mm. / Medio mm.	No. of spec. / No. de especímenes	Size range mm. / Rango de tamaño mm.	Mean mm. / Medio mm.	No. of spec. / No. de especímenes	Size range mm. / Rango de tamaño mm.	Mean mm. / Medio mm.	Size range mm. / Rango de tamaño mm.	Mean mm. / Medio mm.
Fish in First Year Collected in: / Peces en su primer año recolectados en:																			**All Years / Todos los años**	
				1951			**1952**			**1953**			**1954**			**1955**			**1956**			
February													742	44-75	62.07	3733	29-89	58.46	552	40-96	68.79	29.96	63.20
March							1053	83-126	110.42	144	66-113	87.27	539	55-123	82.97	2337	50-128	100.49				30-128	95.28
April										428	67-122	103.69	410	78-132	111.51	2694	85-133	115.10				67-133	110.00
May							54	117-132	124.72	269	104-133	118.17	541	78-127	112.55	1521	89-137	118.43				78-135	118.46
June				865	110-134	122.85							93	108-125	116.73	1149	92-137	118.60				92-137	119.38
July				169	117-134	125.28				147	112-140	125.05	60	116-133	124.53	737	99-134	122.52				99-140	124.34
August				293	121-141	129.64	292	128-149	140.45	6	130-134	132.67	220	110-131	119.90	2257	100-137	125.08				100-135	125.43
September							153	120-136	128.44				50	114-132	123.36	2403	102-139	124.78				102-139	125.31
October										450	114-141	120.14	36	117-131	124.42	351	112-135	123.72				112-137	125.76
Fish Older than One Year Collected in: / Peces mayores de un año recolectados en:																					**All Years / Todos los años**	
				1951			**1952**			**1953**			**1954**			**1955**							
November				205	120-142	133.77	218	120-141	128.56				73	110-133	121.38	21	115-138	125.00				110-139	127.44
December							594	112-140	128.98				72	111-135	122.53	128	115-138	126.15				111-139	126.56
				1952			**1953**			**1954**			**1955**										
January													65	130-142	135.09							130-142	135.09
February							199	124-158	137.42				50	128-153	138.02							124-158	136.39
March													42	133-161	144.41							133-161	144.41
April													135	134-153	143.56							134-153	143.51
May													10	138-154	143.90							136-154	143.06
June													1	142	142.00							142	142.00
August							18	140-157	147.44				238	138-158	144.85							136-158	143.71
September				38	143-164	153.53							40	141-153	145.00							141-164	152.88
October							35	145-155	147.46				118	136-154	143.09							138-155	143.96
November				9	144-162	150.78				13	141-154	147.08	10	141-150	143.50							140-162	144.72
December				163	141-164	153.07				38	137-159	143.61	45	140-156	145.13							140-170	147.77
Fish in Second Year Collected in: / Peces en su segundo año recolectados en:																					**All Years / Todos los años**	
				1951			**1952**			**1953**			**1954**			**1955**							
November				205	120-142	133.77	218	120-143	128.56				73	110-133	121.38	21	115-138	125.00				110-139	127.44
December							594	112-140	128.98				72	111-135	122.53	128	115-138	126.15				111-139	126.56
				1952			**1953**			**1954**			**1955**										
January													65	130-142	135.09							130-142	135.09
February							184	124-146	136.32				40	128-144	135.35							124-147	135.24
March													41	133-156	143.56							133-156	144.04
April													135	134-153	143.56							134-153	143.51
May													10	138-154	143.90							136-154	143.06
June													1	142	142.00							142	142.00
August							18	140-157	147.44				238	138-158	144.85							136-158	143.71
September				26	143-155	150.42							40	141-153	145.00							141-155	149.84
October							35	142-155	147.46				118	136-154	143.09							138-155	143.96
Fish in Third Year Collected in: / Peces en su tercer año recolectados en:																							
				1952			**1953**			**1954**			**1955**										
November				8	144-153	149.25				13	141-154	147.08	10	141-150	143.50							140-154	144.58
December				153	141-164	152.15				38	137-159	143.61	45	140-156	145.13							140-158	146.49
		1952			**1953**			**1954**			**1955**												
February				15	148-158	151.00				10	146-153	148.70										148-158	150.24
September	12	157-164	160.23																			157-164	160.23
Fish in Fourth Year Collected in: / Peces en su cuarto año recolectados en:																							
		1952																					
November	1	162	162.00																			162	162.00
December	10	165-170	167.20																			159-170	161.90

TABLE 4. Collections available for the sexual maturity and spawning study from August each spawning season, showing date and locality of capture, size range, number measured for age and growth, number examined for sexual maturity, and condition of the ovaries of the maturing females.

TABLA 4. Colecciones disponibles para el estudio de la madurez sexual y el desove desde agosto de cada estación de desove, con indicación de la fecha y la localidad de captura, el rango de tamaño, el número de especímenes medidos para determinación de la edad y el crecimiento, el número de los examinados para la madurez sexual y de la condición de los ovarios de las hembras en proceso de maduración.

Date	Location	Size range	No. of Specimens		Sex			Condition of ovaries			
			Measured for age and growth	Examined for sexual maturity	Males	Females	Unidentified	No eggs discernible	All eggs < 0.20 mm.	Some eggs $\geqq 0.20$ mm.	Spent
Fecha	Localidad	Rango de tamaño	No. de especímenes		Sexo			Condición de los ovarios			
			Medidos para la edad y el crecimiento	Examinados para la madurez sexual	Machos	Hembras	No identificados	Huevos no discernibles	Todos los huevos < 0.20 mm.	Algunos huevos $\geqq 0.20$ mm.	Desovados
Tuna Boat Collections — Recolecciones de los barcos atuneros											
					1951-1952						
Aug. 4	Parita	122-137	175	10	3	3	4	3			
Aug. 15	Parita	121-141	118	15	5	6	4	4	2		
Oct. 31	Parita	133-142	109	38	23	15				15	
Nov. 4	[1] Parita	125-140	96								
					1952-1953						
Aug. 4	Parita	131-148	54								
Aug. 22	Parita	133-150	129	8	2	3	3	3			
Aug. 26	Parita	128-150	109								
Sept. 20	[2] S. Miguel	120-136	152								
Sept. 26	Chame	136-164	39	22	16	6			3	3	
Nov. 9	[2] Chepo	120-162	227								
Nov. 10	[3] Chame	124-153		9	3	6			2	4	
Nov. 11	[3] Chame	140-153		11	8	3				3	
Nov. 12	[3] Chame	121-145		11	3	8			6	2	
Nov. 24	[3] S. Miguel	153-169		5	5						
Nov. 25	[3] S. Miguel	154-166		6	6						
Dec. 7	[3] Chame	143-	96								
Dec. 27	[3] S. Miguel	116-164	225	10	5	5					5
Dec. 28	[3] S. Miguel	120-159	436	25	11	14				1	13
Feb. 3	S. Miguel	127-152	106	25	12	13					13
Feb. 26	S. Miguel	124-158	93	10	4	5	1				5
					1953-1954						
Aug. 16	S. Miguel	130-157	24	13	8	4	1	2	2		
Sept. 16	[3] Chame	115-145		14	6	7	1	6	1		
Sept. 29	S. Miguel	115-155	136	59	31	27	1	8	11	8	
Sept. 30	S. Miguel	117-137	103	16	7	9		1	4	4	
Oct. 1	S. Miguel	114-153	134	21	10	11		3	8		
Oct. 2	S. Miguel	115-149	112								

TABLE 4. (continued) **TABLA 4. (continuada)**

Date	Location	Size range	No. of Specimens: Measured for age and growth	No. of Specimens: Examined for sexual maturity	Sex: Males	Sex: Females	Sex: Unidentified	Condition of ovaries: No eggs discernible	Condition of ovaries: All eggs < 0.20 mm.	Condition of ovaries: Some eggs ≧ 0.20 mm.	Spent
Fecha	Localidad	Rango de tamaño	No. de especímenes: Medidos para la edad y el crecimiento	No. de especímenes: Examinados para la madurez sexual	Sexo: Machos	Sexo: Hembras	Sexo: No identificados	Condición de los ovarios: Huevos no discernibles	Condición de los ovarios: Todos los huevos < 0.20 mm.	Condición de los ovarios: Algunos huevos ≧ 0.20 mm.	Desovados
					1954-1955						
Sept. 1	Chepillo	110-130	167	10	5	5		5			
Feb. 7	S. Miguel	129-150	24	19	7	9	3				9
Feb. 7	S. Miguel	128-153	20	12	5	6	1				6
Feb. 11	Mangle	126-153	78	10	6	4					4
	Panama Laboratory Collections — Recolecciones del Laboratorio de Panamá										
					1954-1955						
Aug. 30	Chame	110-131	53	50	28	22		20	2		
Sept. 16	Old Panama	114-132	50	48	15	33		27	6		
Oct. 2	Old Panama	114-129	36	49	23	26		3	22	1	
Nov. 15	Chame	111-154	24	24	20	4				4	
Nov. 15	Chame	113-130	40	40	21	19			6	13	
Nov. 15	Chame	112-133	22	42	19	23			2	21	
Dec. 15	Chame	111-154	24	24	8	16				16	
Dec. 21	Chame	113-134	36	36	10	26			11	15	
Dec. 28	Chame	121-159	14	14	6	8				8	
Dec. 28	Chame	123-156	36	36	15	21				21	
Jan. 13	Old Panama	126-138	65	45	27	18					18
Feb. 15	Chame	134-139	6	6	1	5					5
Mar. 2	Mangle	135-150	18	18	3	15			11		4
Mar. 15	Old Panama	96-153	27	8	1	7			5		2
Mar. 24	Chame	136-161	11	10	3	7			4		3
					1955-1956						
Aug. 1	Chame	115-135	138	20	8	12		6	6		
Aug. 2	Chame	113-141	159	4	1	3		3			
Aug. 3	Old Panama	112-136	290								
Aug. 4	Old Panama	117-136	67								
Aug. 11	Old Panama	104-132	196								
Aug. 12	Chame	121-130	14								
Aug. 15	Chame	109-135	71								
Aug. 16	Chame	121-155	154	18	4	14		4	10		
Aug. 17	Old Panama	115-136	197								
Aug. 23	Chame	114-158	236	1		1			1		
Aug. 24	Old Panama	117-136	159	15	4	11		3	8		
Aug. 25	Old Panama	116-141	208								
Aug. 26	Chame	108-149	167								
Aug. 29	Chame	110-146	238								
Aug. 31	Old Panama	113-133	117								
Sept. 2	Chame	102-129	82	10	9	1			1		

TABLE 4. (continued) **TABLA 4. (continuada)**

Date	Location	Size range	No. of Specimens: Measured for age and growth	No. of Specimens: Examined for sexual maturity	Sex: Males	Sex: Females	Sex: Unidentified	Condition of ovaries: No eggs discernible	Condition of ovaries: All eggs < 0.20 mm.	Condition of ovaries: Some eggs ≧ 0.20 mm.	Condition of ovaries: Spent
Fecha	Localidad	Rango de tamaño	No. de especímenes: Medidos para la edad y el crecimiento	No. de especímenes: Examinados para la madurez sexual	Sexo: Machos	Sexo: Hembras	Sexo: No identificados	Condición de los ovarios: Huevos no discernibles	Condición de los ovarios: Todos los huevos < 0.20 mm.	Condición de los ovarios: Algunos huevos ≧ 0.20 mm.	Condición de los ovarios: Desovados
Sept. 6	Chame	107-132	245								
Sept. 7	Chame	110-147	207	30	16	14			14		
Sept. 9	Old Panama	110-134	231								
Sept. 12	Chame	114-148	265								
Sept. 13	Old Panama	118-137	125								
Sept. 14	Chame	121-138	32	15	3	12		2	10		
Sept. 14	Chame	114-151	222								
Sept. 15	Chame	118-149	193								
Sept. 20	Old Panama	114-135	192								
Sept. 21	Chame	111-144	121								
Sept. 22	Chame	111-150	112								
Sept. 22	Chame	113-153	158								
Sept. 23	Old Panama	113-135	229	10	1	9			9		
Sept. 29	Chame	119-144	12								
Sept. 30	Chame	117-144	16	1		1			1		
Oct. 7	Chame	112-145	93	31	14	17			12	5	
Oct. 10	Old Panama	115-147	12								
Oct. 11	Old Panama	115-131	131	32	18	14			10	4	
Oct. 12	Chame	114-145	10	9	4	5			3	2	
Oct. 21	Chame	122-147	5	1		1				1	
Oct. 24	Chame	114-154	43	40	20	20			1	19	
Oct. 25	Chame	117-154	121	122	89	33			1	32	
Oct. 26	Chame	121-147	35	51	31	20				20	
Oct. 28	Old Panama	115-130	20	10	6	4				4	
Nov. 1	Chame	115-133	17	12	8	4				4	
Nov. 8	Chame	124-142	3	2	1	1				1	
Nov. 16	Chame	142-	1	1		1				1	
Nov. 17	Chame	126-151	9	7	5	2				2	
Nov. 24	Chame	141-	1	1		1				1	
Dec. 2	Chame	121-157	20	20	11	9				9	
Dec. 2	Old Panama	115-132	17	17	11	6				6	
Dec. 7	Chame	120-154	12	12	4	8				5	3
Dec. 8	Chame	122-152	31	31	17	14				8	6
Dec. 13	Old Panama	118-143	32	32	25	7				5	2
Dec. 14	Mangle	115-151	31	31	20	11				5	6
Dec. 28	Chame	123-148	7	7	1	6				2	4
Dec. 30	Chame	121-149	23	23	16	7				1	6

[1] Sample decomposed while improperly preserved.
[2] Sample taken from live-wells of tuna clipper after being aboard up to 40 days, during which time gonads were being absorbed.
[3] Sample taken from tuna clipper by FAO biologist.

[1] Muestras descompuestas por mala preservación.
[2] Muestras tomadas de los viveros de un clíper atunero después de permanecer a bordo hasta 40 días, tiempo durante el cual las gónadas fueron absorbidas.
[3] Muestra tomada de un clíper atunero por un biólogo de la FAO.

TABLE 5. Condition of ovaries of fish completing their first year and those completing their second year or more in October, November, and December 1954 and 1955. Given in parentheses are mean lengths of eggs ≧0.20 mm. found in fish with ovaries in that category.

TABLA 5. Condición de los ovarios de peces al final de su primer año y de aquéllos al final de su segundo año o mayores en octubre, noviembre y diciembre de 1954 y 1955. Entre paréntesis se dan las longitudes medias de los huevos ≧0.20 mm. encontrados en peces con ovarios clasificados en esa categoría.

Year	Fish completing first year				Fish completing second year or more			
		Percent with:				Percent with:		
Month	Total No.	*Eggs < 0.20 mm.	Eggs ≧ 0.20 mm.	Spent	Total No.	*Eggs < 0.20 mm.	Eggs ≧ 0.20 mm.	Spent
Año	Peces al final de su primer año				Peces al final de su segundo año o mayores			
		Porcentaje con:				Porcentaje con:		
Mes	Número Total	*Huevos < 0.20 mm.	Huevos ≧ 0.20 mm.	Desovados	Número Total	*Huevos < 0.20 mm.	Huevos ≧ 0.20 mm.	Desovados
1954								
October	26	96.2	3.8 (0.20)	—	—	—	—	—
November	44	18.2	81.8 (0.33)	—	2	—	100.0 (0.32)	—
December	47	18.0	82.0 (0.35)	—	13	—	100.0 (0.37)	—
1955								
October	83	31.3	68.7 (0.35)	—	31	3.3	96.7 (0.38)	—
November	4	—	100.0 (0.45)	—	5	—	100.0 (0.40)	—
December	43	—	48.8 (0.40)	51.2	25	—	80.0 (0.44)	20.0

*Fish with ovaries with no discernible eggs included in this category.

*En esta categoria se incluyen peces con huevos no discernibles.

TABLE 6. Statistics of linear regressions of mean egg length on gonad index.

TABLA 6. Estadísticas de las regresiones lineares de la longitud media de los huevos sobre el índice de gónadas.

Independent variable x Gonad index	Dependent variable y Mean egg length	N	$\bar{x}$	$\bar{y}$	Sx^2	Sxy	Sy^2	b	s	a	Variable Independiente x Indice de gónadas	Variable Dependiente y Longitud media de los huevos
One year old fish 1954		79	5.13	0.34	207.23	10.04	0.75	0.049	0.059	0.089	**Peces de un año de edad 1954**	
Two year old fish 1954		15	6.33	0.36	37.33	1.26	0.08	0.034	0.051	0.143	**Peces de dos años de edad 1954**	
One year old fish 1955		82	5.46	0.37	205.60	7.62	0.52	0.037	0.054	0.169	**Peces de un año de edad 1955**	
Two year old fish 1955		55	6.20	0.40	96.30	2.32	0.14	0.024	0.039	0.255	**Peces de dos años de edad 1955**	
One and two year old fish 1954		94	5.32	0.34	262.93	11.55	0.83	0.044	0.092	0.107	**Peces de uno y dos años de edad 1954**	
One and two year old fish 1955		137	5.76	0.38	320.06	10.74	0.69	0.034	0.050	0.191	**Peces de uno y dos años de edad 1955**	
One year old fish 1954 and 1955		161	5.30	0.35	417.24	18.12	1.32	0.043	0.058	0.125	**Peces de un año de edad 1954 y 1955**	
Two year old fish 1954 and 1955		70	6.23	0.39	133.84	3.50	0.24	0.026	0.047	0.227	**Peces de dos años de edad 1954 y 1955**	
One and two year old fish 1954 and 1955		231	5.58	0.37	593.60	23.41	1.63	0.039	0.056	0.147	**Peces de uno y dos años de edad 1954 y 1955**	

N = number in sample
$\bar{x}$, $\bar{y}$ = means of x and y
Sx^2 = sum of deviation from $\bar{x}$ squared
Sxy = sum of cross-products of deviations from $\bar{x}$ and $\bar{y}$
Sy^2 = sum of deviations from $\bar{y}$ squared
b = regression coefficient of y on x
s = standard deviation from regression (standard error of estimate)
a = value of y when $x = 0$

N = número en la muestra
$\bar{x}$, $\bar{y}$ = medias de x y de y
Sx^2 = cuadrado de la suma de las desviaciones de $\bar{x}$ al cuadrado
Sxy = suma de los productos cruzados de las desviaciones de $\bar{x}$ y de $\bar{y}$
Sy^2 = cuadrado de la suma de las desviaciones de $\bar{y}$ al cuadrado
b = coeficiente de regresión de y sobre x
s = desviación standard de la regresión (error standard de estimación)
a = valor de y cuando $x = 0$

TABLE 7. Examination of the linearity of the regression of mean egg length on gonad index by an analysis of variance for fish examined in 1954 and 1955.

TABLA 7. Examen de la linearidad de la regresión de la longitud media de los huevos sobre el índice de gónadas por un análisis de variancia para peces examinados en 1954 y 1955.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	Variance ratios	Origen de la variación
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Proporciones de la variancia	
One year old fish 1954					Peces de un año de edad 1954
Total sum of squares	78	0.7528			Suma total de cuadrados
Total sum of squares within arrays	66	0.1967	0.0030		Suma total de cuadrados dentro de las líneas
Total sum of squares between arrays	14	0.5561		$\frac{0.0053}{0.0030} = 1.77^*$	Suma total de cuadrados entre las líneas
Sum of squares due to deviation from regression	13	0.0694	0.0053		Suma de cuadrados debidos a la desviación de la regresión
Sum of squares due to linear regression	1	0.4867			Suma de cuadrados debidos a la regresión linear
Two year old fish 1954					Peces de dos años de edad 1954
Total sum of squares	14	0.0761			Suma total de cuadrados
Total sum of squares within arrays	3	0.0115	0.0038		Suma total de cuadrados dentro de las líneas
Total sum of squares between arrays	11	0.0646		$\frac{0.0022}{0.0038} = 0.58^*$	Suma total de cuadrados entre las líneas
Sum of squares due to deviation from regression	10	0.0223	0.0022		Suma de cuadrados debidos a la desviación de la regresión
Sum of squares due to linear regression	1	0.0423			Suma de cuadrados debidos a la regresión linear
One year old fish 1955					Peces de un año de edad 1955
Total sum of squares	81	0.5162			Suma total de cuadrados
Total sum of squares within arrays	67	0.1852	0.0028		Suma total de cuadrados dentro de las líneas
Total sum of squares between arrays	14	0.3310		$\frac{0.0037}{0.0028} = 1.32^*$	Suma total de cuadrados entre las líneas
Sum of squares due to deviation from regression	13	0.0482	0.0037		Suma de cuadrados debidos a la desviación de la regresión
Sum of squares due to linear regression	1	0.2828			Suma de cuadrados debidos a la regresión linear
Two year old fish 1955					Peces de dos años de edad 1955
Total sum of squares	54	0.1383			Suma total de cuadrados
Total sum of squares within arrays	42	0.0692	0.0016		Suma total de cuadrados dentro de las líneas
Total sum of squares between arrays	12	0.0691		$\frac{0.0012}{0.0016} = 0.75^*$	Suma total de cuadrados entre las líneas
Sum of squares due to deviation from regression	11	0.0134	0.0012		Suma de cuadrados debidos a la desviación de la regresión
Sum of squares due to linear regression	1	0.0557			Suma de cuadrados debidos a la regresión linear

TABLE 7. (continued) **TABLA 7. (continuada)**

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	Variance ratios	Origen de la variación
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Proporciones de la variancia	
One and two year old fish 1954					Peces de uno y dos años de edad 1954
Total sum of squares	93	0.8337			Suma total de cuadrados
Total sum of squares within arrays	79	0.2441	0.0031		Suma total de cuadrados dentro de las líneas
Total sum of squares between arrays	14	0.5896		$\frac{0.0063}{0.0031} = 2.03$	Suma total de cuadrados entre las líneas
Sum of squares due to deviation from regression	13	0.0824	0.0063		Suma de cuadrados debidos a la desviación de la regresión
Sum of squares due to linear regression	1	0.5072			Suma de cuadrados debidos a la regresión linear
One and two year old fish 1955					Peces de uno y dos años de edad 1955
Total sum of squares	136	0.6896			Suma total de cuadrados
Total sum of squares within arrays	122	0.2741	0.0022		Suma total de cuadrados dentro de las líneas
Total sum of squares between arrays	14	0.4155		$\frac{0.0042}{0.0022} = 1.90$	Suma total de cuadrados entre las líneas
Sum of squares due to deviation from regression	13	0.0552	0.0042		Suma de cuadrados debidos a la desviación de la regresión
Sum of squares due to linear regression	1	0.3603			Suma de cuadrados debidos a la regresión linear
One year old fish 1954 and 1955					Peces de un año de edad 1954 y 1955
Total sum of squares	160	1.3158			Suma total de cuadrados
Total sum of squares within arrays	146	0.4371	0.0030		Suma total de cuadrados dentro de las líneas
Total sum of squares between arrays	14	0.8787		$\frac{0.0070}{0.0030} = 2.33$	Suma total de cuadrados entre las líneas
Sum of squares due to deviation from regression	13	0.0916	0.0070		Suma de cuadrados debidos a la desviación de la regresión
Sum of squares due to linear regression	1	0.7871			Suma de cuadrados debidos a la regresión linear
Two year old fish 1954 and 1955					Peces de dos años de edad 1954 y 1955
Total sum of squares	69	0.2409			Suma total de cuadrados
Total sum of squares within arrays	57	0.1117	0.0020		Suma total de cuadrados dentro de las líneas
Total sum of squares between arrays	12	0.1292		$\frac{0.0034}{0.0020} = 1.70^*$	Suma total de cuadrados entre las líneas
Sum of squares due to deviation from regression	11	0.0378	0.0034		Suma de cuadrados debidos a la desviación de la regresión
Sum of squares due to linear regression	1	0.0914			Suma de cuadrados debidos a la regresión linear
One and two year old fish 1954 and 1955					Peces de uno y dos años de edad 1954 y 1955
Total sum of squares	230	1.6319			Suma total de cuadrados
Total sum of squares within arrays	216	0.5952	0.0028		Suma total de cuadrados dentro de las líneas
Total sum of squares between arrays	14	1.0367		$\frac{0.0087}{0.0028} = 3.11$	Suma total de cuadrados entre las líneas
Sum of squares due to deviation from regression	13	0.1133	0.0087		Suma de cuadrados debidos a la desviación de la regresión
Sum of squares due to linear regression	1	0.9234			Suma de cuadrados debidos a la regresión linear

*Not significant, $P > 0.05$. Regression does not depart significantly from linearity.
*No significativa, $P > 0.05$. La regresión no se aparta significativamente de la linearidad.

TABLE 8. Comparison of linear regression of mean egg length on gonad index by an analysis of covariance for fish examined in 1954 and 1955.

TABLA 8. Comparación de la regresión linear de la longitud media de los huevos sobre el índice de gónadas mediante un análisis de covariancia para peces examinados en 1954 y 1955.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	Variance ratios	Origen de la variación
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Proporciones de la variancia	
One and two year old fish 1954					**Peces de uno y dos años de edad 1954**
Deviations from total regression	192	0.3268		$\frac{0.0137}{0.0033} = 4.15$	Desviaciones de la regresión total
Deviations from regressions within age groups	90	0.2994	0.0033		Desviaciones de la regresión dentro de los grupos de edad
Differences between age groups	2	0.0274	0.0137	$\frac{0.0075}{0.0033} = 2.27^*$	Diferencias entre grupos de edad
Differences between regression coefficients	1	0.0075	0.0075		Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted means	1	0.0199	0.0199	$\frac{0.0199}{0.0034} = 5.58$	Diferencias entre promedios ajustados
One and two year old fish 1955					**Peces de uno y dos años de edad 1955**
Deviations from total regression	135	0.3608		$\frac{0.0224}{0.0024} = 9.33$	Desviaciones de la regresión total
Deviations from regressions within age groups	133	0.3160	0.0024		Desviaciones de la regresión dentro de los grupos de edad
Differences between age groups	2	0.0448	0.0224	$\frac{0.0115}{0.0024} = 4.79$	Diferencias entre grupos de edad
Differences between regression coefficients	1	0.0115	0.0115		Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted means	1	0.0333	0.0333		Diferencias entre promedios ajustados
One year old fish in 1954 and 1955					**Peces de un año de edad en 1954 y 1955**
Deviations from total regression	159	0.5293		$\frac{0.0152}{0.0032} = 4.75$	Desviaciones de la regresión total
Deviations from regressions within age groups	157	0.4990	0.0032		Desviaciones de la regresión dentro de los grupos de edad
Differences between age groups	2	0.0303	0.0152	$\frac{0.0138}{0.0032} = 4.31$	Diferencias entre grupos de edad
Differences between regression coefficients	1	0.0138	0.0138		Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted means	1	0.0165	0.0165		Diferencias entre promedios ajustados
Two year old fish in 1954 and 1955					**Peces de dos años de edad en 1954 y 1955**
Deviations from total regression	68	0.1496		$\frac{0.0166}{0.0018} = 9.22$	Desviaciones de la regresión total
Deviations from regressions within age groups	66	0.1164	0.0018		Desviaciones de la regresión dentro de los grupos de edad
Differences between age groups	2	0.0332	0.0166	$\frac{0.0026}{0.0018} = 1.44^*$	Diferencias entre grupos de edad
Differences between regression coefficients	1	0.0026	0.0026		Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted means	1	0.0306	0.0306	$\frac{0.0306}{0.0015} = 17.00$	Diferencias entre promedios ajustados

*Not significant, $P > 0.05$

*No significativa, $P > 0.05$

ESTUDIO DE LA EDAD, EL CRECIMIENTO, LA MADUREZ SEXUAL Y EL DESOVE DE LA ANCHOVETA *(CETENGRAULIS MYSTICETUS)* EN EL GOLFO DE PANAMA

por

Gerald V. Howard y Antonio Landa

RESUMEN

Con el fin de estudiar la biología de la anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)*, los tripulantes de los barcos atuneros y el personal de la Comisión están recolectando especímenes de esta importante especie de carnada para capturar el atún. Más de 27,000 ejemplares de las 231 colecciones hechas en el Golfo de Panamá entre junio de 1951 y enero de 1956, sirven de material al presente estudio sobre la edad, el crecimiento, la madurez sexual y las épocas de desove de esta especie en el área indicada. Las estimaciones de la edad y de la proporción del crecimiento fueron hechas a base del estudio de la progresión temporal de los grupos modales de tamaño en las distribuciones mensuales de frecuencias de longitud. El desarrollo sexual y el período de desove fueron determinados mediante el examen macroscópico de los ovarios y las mediciones de los huevos ováricos.

En las distribuciones mensuales de frecuencias de longitud se hicieron presentes dos principales grupos modales de tamaños. Uno de ellos fué claramente identificado como constituído por peces en su primer año de edad; el otro grupo estaba compuesto, o bien enteramente por peces en su segundo año de edad, o bien con la inclusión de un pequeño porcentaje de peces de tres años. La presencia de peces de tres años de edad fué notada por la captura ocasional de especímenes desacostumbradamente grandes. Las anchovetas alcanzan una longitud promedio alrededor de 127 mm. al terminar su primer año de vida, y de 145 mm. después de dos años. Los peces que podrían considerarse en su tercer año de edad alcanzan una longitud aproximada de 160 mm. El crecimiento más rápido ocurre entre enero y mayo; es apreciablemente más despacio cuando los ovarios comienzan a madurar en agosto y septiembre y es mucho más lento durante el período subsiguiente de desove. La población panameña, en promedio, consiste en más del 90 por ciento de peces en su primer año y en menos del 10 por ciento de peces en su segundo año. Peces en el tercer año de vida pueden presentarse en algunos años, pero probablemente esos peces constituyen menos de uno por ciento de la población.

Las anchovetas desovan anualmente en el Golfo de Panamá. La reproducción comienza en octubre y termina en enero. Aunque el máximum del desove ocurre durante noviembre y diciembre cada año, parece que hay alguna variación de un año a otro en la intensidad del desove en octubre y en enero. Las anchovetas se reproducen por primera vez al alcanzar un año

y cada hembra produce huevos una sola vez durante la época de desove. Parece que los peces de dos años o mayores alcanzan la madurez sexual un poco antes que los más jóvenes en cada estación, pero éstos últimos pueden terminar de desovar un poco más temprano.

INTRODUCCION

La anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)* es el pez de carnada más importante en la pesca de atún en el Pacífico Oriental Tropical. De los registros que en las bitácoras llevan los barcos pesqueros que usan carnada viva, la Comisión obtiene records detallados de las cantidades de anchoveta capturadas en cada área y sobre el esfuerzo empleado para capturarlas. (Alverson y Shimada, 1957). Los datos adecuados de pesca ayudan en la medición y eventualmente en la predicción, de los cambios en la abundancia y rendimiento de las diversas poblaciones de esta importante especie, pero tales datos no pueden ser propiamente interpretados sin el conocimiento de la historia natural y ecología de este pez. Entre los aspectos más importantes de la biología, que es menester conocer, tenemos la edad, la proporción del crecimiento y la época de desove.

Un prerequisito necesario para la evaluación de la abundancia relativa de las clases anuales disponibles a la pesquería es el de poder determinar la edad y la proporción del crecimiento de los peces. Una pesquería que depende de unos pocos grupos de edad es mucho más afectada por el éxito o por la falla en el desove en un año dado, que una pesquería que opere en un mayor número de grupos de edad. La determinación de la época de desove es importante para el estudio de los efectos del medio ambiente en la sobrevivencia de huevos y larvas, ya que el éxito o la falla de las clases anuales se determina generalmente durante los primeros estados del pez. La frecuencia de reproducción de los individuos, dentro del año y durante un período de desove, debe ser conocida, ya que tiene valor en la estimación del potencial reproductivo de una población.

Con la cooperación de la flota atunera la Comisión ha obtenido, desde 1951, colecciones de anchovetas de las áreas principales de carnada de esta especie, que se extienden desde el Golfo de California hasta la Bahía de Sechura en el Perú. Siempre que sea posible, estas colecciones son complementadas por las que hace el personal de la Comisión. Sin embargo, de algunas de las áreas faltan colecciones del año entero, porque ellas son frecuentadas solamente durante las épocas en que la pesca del atún es provechosa en las áreas adyacentes. Los datos disponibles más completos son los del Golfo de Panamá y son la base de este estudio para informar sobre la edad, el crecimiento y el desove de la anchoveta en esa área.

Las anchovetas en el Golfo de Panamá son consideradas como pertenecientes a una sola población en el presente estudio (Howard, 1954). Por medio de experimentos de marcación se procura determinar si existen poblaciones independientes o semi-independientes en el Golfo, pero las

recuperaciones de marcas han sido insuficientes, hasta la fecha, para poder examinar estas posibilidades.

FUENTES DE LOS DATOS

El material para este estudio consiste en colecciones de anchovetas hechas entre junio de 1951 y enero de 1956. Las colecciones provienen de tres fuentes: los barcos atuneros con base en California, el personal de la Comisión en el laboratorio de Panamá y un biólogo de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). La Tabla 1 muestra el número de colecciones examinadas mensualmente, así como el número de especímenes en cada una de ellas.

Las colecciones se hicieron en todo el Golfo de Panamá al norte de la latitud aproximada de 8°N (Figura 1). Los peces de menos de 80 a 100 milímetros fueron capturados generalmente en las aguas más profundas fuera de la costa; los peces mayores fueron obtenidos cerca de la costa, principalmente por encima de bajos fangosos en profundidades de 5 brazas o menos.

Colecciones de los barcos atuneros

Como parte continuada de la investigación de la Comisión sobre peces-cebo, los tripulantes de algunos barcos atuneros están recolectando muestras de especímenes de su pesca de carnada. Estas muestras, que consisten generalmente de 100 peces o más, son congelados a bordo y entregados a un representante de la Comisión cuando el barco regresa a puerto. Desde junio de 1951 hasta agosto de 1955, los pescadores hicieron 73 colecciones de anchoveta que contenían un total de 8602 ejemplares.

Colección del laboratorio de Panamá

En el otoño de 1954, la Comisión estableció un laboratorio regional en Panamá para estudiar la historia natural y ecología de la anchoveta en el Golfo de Panamá. Entre agosto de 1954 y enero de 1956, el personal del laboratorio obtuvo, para este estudio, 154 colecciones con un total de 17,967 anchovetas. A partir de enero de 1955, los especímenes se capturaron desde una pequeña lancha a motor con una atarraya y ocasionalmente con una red camaronera de arrastre. Las colecciones obtenidas entre agosto y diciembre fueron hechas voluntariamente por un pescador local con una atarraya.

Colecciones de la FAO

Un biólogo de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación recolectó algunas muestras de anchoveta a bordo de clípers atuneros de los que toman carnada en el Golfo de Panamá, en noviembre y diciembre de 1952, y obtuvo una colección desde un barco camaronero de arrastre en septiembre de 1953. Se pusieron a nuestra dis-

posición 91 ejemplares para el estudio de la madurez sexual, y un record de los datos sobre las longitudes de todos los otros especímenes medidos. Estos últimos fueron 757 y los peces se tomaron de tres colecciones diferentes hechas en diciembre de 1952.

La adquisición de los datos de la FAO fué afortunada ya que las anchovetas son menos disponibles a la captura desde octubre hasta diciembre. El personal del laboratorio en Panamá encontró especialmente difícil la obtención de especímenes en números suficientes entre octubre de 1955 y enero de 1956. Los capitanes de los clípers atuneros frecuentemente informan que las anchovetas no se capturan fácilmente en el Golfo de Panamá durante los meses de otoño.

EDAD Y CRECIMIENTO

Métodos

Es posible que la edad de la anchoveta se revele por la interpretación de marcas o bandas de áreas diferenciadas en las escamas, otólitos y otras partes duras, pero un examen preliminar de las escamas de esta especie hace pensar que tales procedimientos serían difíciles y requirirían mucho tiempo. Estos métodos directos no se consideraron adecuados para un estudio inicial de la edad y del crecimiento. Más bien se emprendió un análisis de las frecuencias de longitud. Se midió la longitud de cada pez recolectado por los pescadores de atún y por el personal en Panamá. La longitud standard (es decir, la distancia entre la punta del hocico y el extremo del área plateada en el pedúnculo caudal) de cada pescado fué anotada, con precisión de milímetros. Las mediciones de longitud proporcionadas por el biólogo de la FAO fueron tomadas del mismo modo.

El método de la frecuencia de longitudes para estimar la edad y el crecimiento ha tenido una amplia aplicación desde la primera vez que lo usó Peterson (1922) y consiste en el estudio de la progresión de modos en las distribuciones de frecuencia de longitudes de acuerdo con el período de tiempo, es decir, de mes a mes o de año a año. Para la mayor parte de los clupeoides, no se puede confiar mucho en el método de Peterson si se trata de peces mayores de dos años, porque, con la edad, el crecimiento de los peces se hace más lento y las distribuciones de longitud se sobreponen unas a otras hasta tal punto, que los modos no son fácilmente distinguibles. Como la anchoveta es una especie de vida corta, desde el comienzo de la investigación se vió que ésto no constituiría un verdadero problema.

La confiabilidad de las estimaciones del crecimiento determinadas por medio de las distribuciones de longitudes depende de la precisión con que las distribuciones de longitud de las muestras tomadas de la población representen las verdaderas distribuciones de longitud en la población. Si una población está agrupada en cardúmenes por tamaños, es deseable que las estimaciones del crecimiento estén basadas en las mediciones de las muestras tomadas de un gran número de cardúmenes, seleccionados al azar en

preferencia a un gran número de peces tomados de solamente unos pocos cardúmenes. No parece que un gran número de peces extraídos de unos pocos cardúmenes represente tan bien una población como la haría el mismo número de peces extraídos de un gran número de cardúmenes escogidos al azar (Schaefer, 1948).

Varios investigadores han demostrado que peces del mismo tamaño y de la misma especie tienden claramente a agruparse en cardúmenes. Schaefer (1948) encontró que, con respecto al atún aleta amarilla *(Neothunnus macropterus)* ". . . los miembros de cualquier cardúmen se acercan a un mismo tamaño más de lo que podría esperarse si fueran simplemente extraídos al azar de toda la población". También demostró que el grado en que los peces tienden a ser del mismo tamaño varía entre cardúmenes. Brock (1954) al estudiar cardúmenes puros de barrilete *(Katsuwonus pelamis)*, encontró comparativamente pequeñas clases de tamaños dentro de tales cardúmenes, en contraste con los grupos encontrados en los desembarques comerciales de barrilete. Miller (1955) notó que las anchoas *(Engraulis mordax)* se agrupan en cardúmenes por tamaño, y Hjort (1926) observó el mismo fenómeno en el arenque noruego. La literatura contiene otros ejemplos similares.

En un esfuerzo para llenar los requisitos de muestreo a que nos hemos referido anteriormente, las estimaciones de la edad y de la proporción del crecimiento en este estudio, se han basado en las mediciones de 27,326 peces tomados de 231 colecciones en un período de cinco años (Tabla 1). Sin embargo, debido a los métodos de recolección, no es posible saber si cada una de las colecciones proviene de un solo cardúmen. Los clípers atuneros pueden tomar a bordo las anchovetas vivas directamente de una red "lámpara" o de los recibidores en los cuales se deposita el pescado proveniente de una o más caladas de la red lámpara. (Los recibidores son cajas parcialmente sumergidas que se usan para transportar el pescado de las aguas bajas en donde se captura, hasta al barco atunero, en aquellas áreas en donde por falta de profundidad el barco no puede acercarse). Si las colecciones son obtenidas de las redes lámpara, los especímenes en las muestras provienen de un sólo cardumen. En cambio, las colecciones tomadas de los recibidores pueden provenir de un sólo cardumen o de varios cardúmenes. Desafortunadamente, los pescadores raras veces informan si las colecciones son provenientes de un sólo cardumen o de varios.

La mayor parte de las recolecciones hechas por el personal del laboratorio en Panamá se hicieron con atarraya. Unas pocas se hicieron con una red de arrastre. Generalmente cada recolección por medio de atarraya era el resultado de varios tiros de la misma. Ya que la pesca se hacía en la mayor parte en aguas turbias, no era posible observar si los diferentes tiros de atarraya se hacían o no sobre un mismo cardumen.

Aunque no hay constancia del número de cardúmenes que contribuye-

ron a las 231 colecciones, se sabe que el número es considerablemente mayor que esa cifra.

En el curso del análisis se encontró en los colecciones una variación considerable en el mismo mes con respecto a la longitud media y las clases de tamaños. A fin de examinar la variabilidad entre las muestras de un grupo de peces de una misma edad, se hizo un estudio de las colecciones tomadas durante el período comprendido entre febrero y mayo de 1954, meses durante los cuales (como se demostrará más adelante) estuvo presente un sólo grupo de edad. Se hizo un análisis de variación de los datos de longitud de las muestras tomadas en cada mes (Tabla 2). El análisis de la variación comprendió la comparación de los componentes "entre una muestra y otra" y "dentro de cada muestra". En cada caso, la variación "entre muestras" es mayor que "dentro de cada muestra" y la razón de proporción de esa variación (F) es altamente significativa, $P < 0.01$. Es razonable concluir que el hábito de formar cardúmenes es el responsable de estos resultados. La posibilidad de que en las colecciones de los clípers atuneros existieran diferencias significativas de longitud por la selectividad de las redes fué descartada, porque todos los clípers usan redes lámparas similares.

Si las anchovetas se agrupan en cardúmenes por edad, es de esperarse cierta inconsistencia en las estimaciones de la longitud media basadas en la longitud promedio encontrada en las recolecciones mensuales. Esto ha de ser cierto especialmente en los meses en que se registran pocas recolecciones.

Análisis de los datos de frecuencia de longitudes

El primer paso del proceso fué agrupar gráficamente las longitudes individuales en distribuciones de frecuencias por períodos mensuales. Como el número de peces medidos en cada mes no fué constante, la distribución de frecuencias de longitud fué convertida en porcentajes del total de cada mes, para hacer así comparables las distribuciones mensuales. Los resultados se muestran en las Figuras 2 al 6. Los números a la derecha de cada distribución mensual de frecuencias de longitud indican el número total de especímenes y el número de colecciones estudiadas.

Al examinar los datos que contienen las figuras, se puede observar la presencia de uno o más grupos modales que pueden ser seguidos durante la mayor parte de los meses del año. Ellos se ven más fácilmente en la Figura 3, por los datos de los barcos atuneros correspondientes a 1954, y en la Figura 4, por los datos del laboratorio de Panamá correspondientes a 1955. En ambos años se distingue fácilmente, durante sucesivos meses, el grupo modal que aparece por primera vez en febrero y luego progresa hacia la derecha ya sea solo o acompañado de otro grupo modal. El último grupo no se presenta siempre, ni tampoco se determina siempre claramente. Con frecuencia, el segundo grupo modal representa una proporción tan pequeña de la muestra mensual, que podría ser considerado parte del primer grupo

si no fuera porque los datos de los meses precedentes y siguientes descartan esta posibilidad.

Las Figuras 2 a 5 indican que los peces más pequeños recogidos en noviembre y diciembre median entre 110 y 120 mm. de longitud. Como será demostrado más adelante (p. 458, las anchovetas en el Golfo de Panamá se reproducen una sola vez al año con el máximum de desove en noviembre y diciembre, así pues, los peces menores de 110 mm., capturados dos o tres meses después, en febrero, deben provenir del desove de noviembre-diciembre anterior, mientras que los peces mayores de 110 mm. son de uno o más años de edad.

Solamente en un año se pescaron anchovetas durante el mes de enero. Esto fué en 1955, cuando se hizo una recolección de 65 especímenes. La longitud de estos especímenes abarcaba de 130 a 142 mm. (Figura 4), lo que indica que eran de más de un año de edad. Para febrero se dispuso de más material, pues se hicieron recolecciones durante ese mes en 1953, 1954, y 1955. Para 1955, los datos de los atuneros, junto con los del laboratorio de Panamá, se han graficado por separado en la Figura 4, y en conjunto en la Figura 5. Un solo grupo modal está presente en febrero de 1953, tanto como en febrero de 1954. El primero de ellos se compone de anchovetas de 124 a 158 mm., mientras que el segundo contiene peces de 44 a 75 mm. Los peces recogidos en febrero de 1954 óbviamente tenían solo 2 o 3 meses de edad. En cambio, el grupo modal de febrero de 1953 consiste en peces que están por lo menos en su segundo año de vida. Las colecciones de los barcos atuneros en febrero de 1955 revelan tres grupos modales separados. Ya que el pez más grande encontrado entre los primeros dos grupos midió solamente 89 mm., ambos grupos deben estar formados por peces en su primer año. El tercer grupo está constituído por peces de 128 a 153 mm. en su segundo año de vida o mayores. Las colecciones del laboratorio de Panamá, de febrero de 1955, contienen dos grupos modales que parecen representar peces en sus primero y segundo años o de más de esta edad, siendo estos últimos de una longitud de 135 mm. Al comparar ambas series de datos, el cuadro permanece esencialmente el mismo mostrado por sólo los datos del laboratorio de Panamá, porque el número de colecciones y ejemplares medidos en este último era mucho mayor.

Las anchovetas en su primer año de vida se identifican fácilmente en el material graficado para marzo de 1952, 1953, 1954 y 1955 (Figuras 2, 3, 4 y 5) aunque en 1954 y 1955 se registró una bimodalidad en las colecciones de los barcos atuneros y del laboratorio de Panamá. Para el mes de marzo, peces de dos o más años de vida se capturaron solamente en 1955 y todos fueron tomados por el personal del laboratorio en Panamá. En el gráfico de las distribuciones de frecuencias de longitud, ellos aparecen muy aparte de los peces en su primer año.

Una vez separados los peces en su primer año y los de dos años o más e identificados como dos grupos en los primeros tres meses del año calen-

dario, no es muy difícil, con pocas excepciones, seguir los dos grupos en los meses siguientes durante el resto del año.

Es digno de comentario el hecho de que las distribuciones bimodales de los peces en su primer año de vida no se encuentran en los meses siguientes a marzo. El rango de tamaño, o sea la diferencia en la longitud entre el pez más grande y el más pequeño, de las anchovetas en su primer año de vida, disminuye apreciablemente conforme los peces aumentan en edad, por lo menos entre febrero y julio. En febrero y marzo, esta diferencia llegó a ser hasta de 78 mm. entre la longitud del pez más grande y la del más pequeño, de la clase anual entrante, mientras que en junio esta diferencia se reduce a 45 mm. o menos. Tal vez para noviembre y diciembre esta reducción sea mayor aún, pero es imposible medirla porque entonces los peces del primer año sobrepasan el grupo de los peces mayores. Si, como se concluyó previamente, la anchoveta forma cardúmenes por tamaños, una reducción en el rango de tamaño de una clase anual, con el aumento de la edad, será acompañada por una disminución en la diferencia del tamaño promedio entre cardúmenes; así que no es necesario el muestreo de tantos cardúmenes para tener un cuadro representativo de la distribución de tamaño por cada grupo de edad. Esto indica que, para obtener una estimación de confianza de la proporción del crecimiento, es menester muestrear más cardúmenes de anchoveta de la clase anual entrante en la pesquería, durante los primeros tres o cuatro meses del año que en los meses sucesivos. En general, todo ésto ha sido realizado.

No se sabe por qué el rango de tamaño de una clase anual disminuye al crecer los peces. Hay la posibilidad de que ésto sea el resultado de un crecimiento compensatorio—la tendencia de los peces pequeños a crecer más rápidamente que los peces más grandes del mismo grupo de edad, conforme el grupo se vá haciendo más viejo. Deason y Hile (1947) informan que la compensación del crecimiento parece ser característica de la mayor parte de los coregónidos (*Leucichthys* spp.) y hacen mención de varias referencias en que el fenómeno se ha observado en otros peces.

Como la población de anchovetas desova solamente una vez al año y el período de reproducción es aproximadamente el mismo cada año (p. 458), y como las distribuciones mensuales de frecuencias de longitud han sido similares para los diversos años, los datos para estos años fueron combinados, por meses, en la expectativa de obtener así un cuadro más claro del crecimiento (Figura 6). Como quiera que el número de colecciones y especímenes medidos mensualmente ha variado de un año a otro, se daba importancia igual a los datos de cada uno de los diferentes años, de tal manera que un año de muchas recolecciones, como lo fué el año 1955, no dominara el cuadro. Esto se logró tomando el porcentaje promedio mensual de las distribuciones con preferencia al número de individuos.

En la Figura 6, se distingue fácilmente el primer grupo de edad de los otros peces hasta julio. En enero solamente los peces más viejos están

presentes y en febrero forman parte importante de la captura. Desde ahí en adelante, hasta julio, en que ninguno fué capturado, la proporción de anchovetas mayores es bastante reducida. En agosto y en los demás meses del año calendario, los peces en su primer año que entran en su segundo año en noviembre, han crecido tanto que ya no se les distingue más del grupo de edad mayor graficado en las distribuciones de frecuencia. Con excepción del mes de septiembre, no pueden ser separados de los peces más viejos, a menos que se empleen medios arbitrarios, porque los peces más grandes del grupo más joven sobrepasan a los peces más pequeños en el grupo mayor de edad.

Parece cierto que en las distribuciones de frecuencia graficadas para agosto y los meses sucesivos está representada más de una clase anual. Aunque no se encuentran siempre dos modos o más en las distribuciones de frecuencia graficadas debido al sobrepaso de los peces del primer año sobre los mayores, la presencia de más de un grupo de edad está fuertemente evidenciado por el rango de tamaño encontrado en cada mes. Previamente, se observó que la extensión en el rango de tamaño entre los peces más pequeños y los más grandes de la primera clase anual disminuyó progresivamente conforme la edad avanzada, por lo menos hasta el mes de junio, cuando es aproximadamente de 40 mm. En julio, para todos los años combinados, el rango es de 41 mm. En agosto hay una diferencia de 58 mm. entre el pez más pequeño y el más grande, y se encuentra aproximadamente la misma diferencia en los meses sucesivos del año. El aumento en el rango de tamaño debe ser causado por la presencia de una clase de edad mayor. Se obtiene evidencia para esta conclusión cuando se nota una vez más el rango de tamaño de los peces en su segundo año de vida o más, en febrero, cuando se identifican fácilmente por un rango de 124 a 158 mm. Sería pues ilógico considerar peces de 140 mm. o más como peces en su primer año de vida en agosto y septiembre.

Una vez examinados los datos combinados de los diversos años, las frecuencias de longitud graficadas para los años individuales se examinaron por separado. En 1951, se hicieron recolecciones, sólo en junio, julio, agosto y noviembre, y los peces capturados eran únicamente ejemplares en su primer año de vida hasta noviembre, cuando el grupo entró en su segundo año. En 1952 y los años sucesivos se encontraron tanto peces en su primer año como un grupo de edad mayor. En 1952 en los meses de marzo y mayo, solamente se encontraron peces en su primer año de vida. En los otros meses de 1952, con la excepción de agosto, este grupo puede distinguirse fácilmente de los peces más viejos. Los ejemplares encontrados en las tres colecciones de agosto aparecen en un solo grupo modal pero no se puede decir que las formen peces en su primer año de vida o de un grupo mayor. El examen de cada una de las tres colecciones, hechas por tres barcos atuneros diferentes, demostró distribuciones de frecuencia similares. Esta anomalía fué probablemente el resultado de un muestreo viciado de los peces más grandes en su primer año de edad y de los peces más pequeños en el grupo mayor.

Las colecciones de 1953 pueden separarse fácilmente en peces en su primer año de vida y en peces de un grupo de mayor edad. En febrero, las dos colecciones consistieron exclusivamente en peces en su segundo año de vida o mayores. Este grupo reapareció en octubre. La colección de 24 peces hecha en agosto probablemente contiene ambos grupos, pero el número no es lo suficiente como para dar un cuadro claro. El material graficado para 1954 muestra solamente peces en su primer año hasta octubre. La presencia de por lo menos dos grupos de edades es aparente en noviembre y diciembre.

La longitud media de los peces en su primer año y todos los otros peces que pueden incluírse en uno o más grupos de mayor edad, aparecen en la Tabla 3 con indicación del mes de la recolección en las primeras dos secciones. También aparecen los datos sumados, por mes, para todos los años combinados. Se indica el rango de tamaño encontrado cada mes y el número de ejemplares medidos en cada grupo de edad. Los promedios para cada grupo fueron fáciles de calcular cuando se encontró un espacio vacío en las distribuciones de frecuencia graficadas con sólo separar los dos grupos de peces. Cuando hubo un sobrepaso de los grupos, se hizo una división arbitrariamente en la longitud que corresponde a la frecuencia mínima entre los modos de dos diferentes grupos de edad. En las figuras se indicaron las separaciones por medio de flechas. Debido a la sobreposición parcial de una edad con otra, lo que ocurre por primera vez en agosto y luego persiste en los siguientes meses de cada año, los rangos de tamaño dados en la Tabla 3 para los dos grupos en estos meses, son estimaciones muy bajas. La separación arbitraria de los dos modos reduce el márgen superior de los peces en su primer año y el márgen inferior de los pertenecientes a grupos de edades mayores.

Para separar los modos, se consideró el uso de un procedimiento descrito por Cassie (1950 y 1954) basado en el empleo de papel de probabilidad. Se llegó a la conclusión de que este método es tan subjetivo como el usado en el presente estudio y que la única ventaja que podría obtenerse de el, sería una mejor estimación de los rangos mensuales de tamaño de los grupos de edad. El uso del papel de probabilidad para separar los modos requiere la selección de puntos de inflexión en la misma forma en que se selecciona la frecuencia mínima entre los modos en el procedimiento usado en este estudio. Al aplicar el método de Cassie para separar los grupos modales en los datos combinados de todos los años, de agosto a diciembre, se encontró que las estimaciones de las longitudes medias de los dos grupos de edad diferían de aquellas obtenidas previamente en un promedio de sólo 0.32 mm., siendo la diferencia máxima de 1.02 mm. Los rangos de tamaño obtenidos, al tomar tres desviaciones standard en cada lado de las medias, extendió el márgen superior de los peces en su primer año y el márgen inferior de los peces más viejos. Sin embargo, solamente parecía razonable el rango de tamaño del grupo en su primer año; el del grupo de mayor edad fué muy exagerado. El márgen inferior de este último se extendió a una longitud por debajo de la longitud media del grupo de edad menor. En efecto,

algunos peces del segundo grupo de edad resultaron ser, en agosto y septiembre, considerablemente más pequeños que la longitud mínima encontrada en los seis a ocho meses anteriores, tiempo en que los dos grupos aparecían inconfundiblemente separados el uno del otro en las distribuciones de frecuencia de longitud. La significación de las estimaciones obtenidas por el método de Cassie, cuando menos para el grupo de edad mayor, parecía dudosa y no se siguió usando este método.

Los peces en su primer año han sido separados de los peces más viejos y, hasta la fecha, no se ha tratado de averiguar si el grupo mayor consiste solamente de peces en su segundo año y si es una mezcla de más de un grupo de edades. En verdad, en las distribuciones gráficas de frecuencia mensuales no se reconocen modos que sugieran más de un grupo de edad a continuación del grupo del primer año. Suponiéndo que solamente se encuentran dos grupos de edad en las colecciones, el crecimiento puede ilustrarse, por mes, desde el momento de la eclosión hasta la edad de 25 meses, graficando las longitudes medias mensuales de las varias clases anuales, tabuladas en las dos primeras secciones de la Tabla 3, en función del tiempo. Esto se muestra en la Figura 7, en la que los círculos abiertos representan las longitudes medias mensuales obtenidas en peces en su primero y segundo años, en cada mes de recolección desde 1951 hasta 1955, y los círculos rellenos representan los valores resultantes de la combinación de los datos por meses en todos los años. Las líneas verticales indican el márgen entre el pez más pequeño y más grande en el grupo de edad, para cada mes del año, determinado a base de los datos de todos los años combinados. Se dijo anteriormente (pág. 445) que se había dado igual importancia a los datos de cada uno de los diferentes años, cuando se combinó el material de todos los años para llegar a las distribuciones de frecuencia ilustradas en la Figura 6. Se hicieron las estimaciones mensuales de las longitudes medias de los rangos de tamaño para los dos grupos de edad a base de estas distribuciones graficadas. La consecuencia de este procedimiento es, que la longitud media de un grupo de edad en un mes dado, calculada a base de los datos combinados para todos los años, no corresponde necesariamente al valor que resultaría al sumar y promediar las longitudes medias obtenidas para dicho mes en cada uno de los diversos años. Similarmente, el rango de amplitud máxima encontrado para cualquier de ambos grupos de edad en un mes dado durante estos años, no coincide con el rango obtenido cuando se combinaron los datos. Por lo tanto, los círculos rellenos en la Figura 7, que indican las longitudes medias mensuales calculadas a base de los datos combinados para todos los años, no siempre caen en el centro de los círculos abiertos que representan los valores obtenidos individualmente en cada año.

Se ha graficado en la Figura 7 un valor de la longitud media de la clase anual entrante en el mes de enero, aunque no se hicieron recolecciones regulares de peces en su primer año durante este mes (Tabla 3). Sin embargo, examinando una colección pequeña de larvas de anchoas tomadas

del estómago de un barrilete negro capturado en enero de 1956, se identificaron varias pequeñas anchovetas de una longitud promedio de 30 mm.

Los puntos graficados en la Figura 7 demuestran que el crecimiento de la anchoveta es rápido durante los primeros cuatro o cinco meses después de su eclosión (en noviembre o diciembre) hasta abril, y que es mucho más lento en los meses siguientes. Efectivamente, entre agosto y diciembre del primer año, los puntos trazados forman casi una horizontal. Aparentemente el crecimiento se retarda durante este período que es el que corresponde al de la madurez de las gónadas y a la reproducción. El retardo del crecimiento puede resultar del proceso reproductivo o de la escasez de alimento. Los cultivos estables de zooplancton y fitoplancton están en su nivel más bajo durante estos meses. El crecimiento es rápido nuevamente en los tres meses siguientes al de diciembre y este periodo corresponde al del afloramiento anual en el Golfo de Panamá (Schaefer, Bishop y Howard, 1958). Subsecuentemente, el crecimiento es nuevamente lento, lo que es de esperar si los peces están acercándose a la época de su crecimiento caracterizado por la parte asymtótica superior de una curva de crecimiento. Los pequeños avances mensuales en el crecimiento, que se observan cuando el pez se acerca al final de su segundo año de vida, podrían también atribuirse en parte, ya sea al proceso reproductivo, o bien al mínimum en la producción estable de plancton.

Las longitudes medias mensuales representadas en la Figura 7 se computaron bajo la suposición de que hay solamente dos grupos de edad representados en las colecciones. Esta suposición se basaba en que las distribuciones de frecuencias de longitud graficadas mostraban solamente dos modos. Debido al pequeño número de peces en el extremo superior de las distribuciones, no hubo posibilidad de descubrir un tercer modo con el empleo del papel de probabilidad. Si en las distribuciones de frecuencia de longitud hubieron efectivamente peces de tres años de edad, fueron indudablemente muy pocos y representaban solamente una proporción insignificante de la población.

La posibilidad de que algunos peces pudieran estar en su tercer año o tener más edad fué sugerida por la captura ocasional de algunos especímenes cuya longitud pareció desacostumbradamente grande. Se pensó que estos peces eran demasiado grandes para estar en su segundo año de vida, como se había supuesto previamente, por la extensión más allá de la longitud media, en ciertos meses, del rango mayor de tamaño del segundo grupo modal. La presencia de estos peces grandes es más notoria en los meses de enero a julio, cuando, en los gráficos de distribuciones de frecuencia, las longitudes del primer grupo modal no cubren parcialmente, o si lo hacen es sólo muy poco, las longitudes del segundo grupo modal. La extensión mayor del márgen de tamaño por encima y no por debajo de la longitud media está bien ilustrada en los datos combinados para todos los años en los meses de febrero y marzo (Figura 7). El márgen de tamaño del segundo

grupo modal por encima de la longitud media para este grupo se extiende también en septiembre, noviembre y diciembre.

Se consideró la hipótesis de que los pocos peces grandes capturados en los mencionados meses se encontraban en su tercer año de vida. Se les sustrajo arbitrariamente del gráfico de distribuciones de frecuencia correspondientes a los peces previamente considerados en su segundo año. Frecuentemente se presentaron vacíos o interrupciones en la parte superior de la distribución del segundo grupo modal. Cuando ésto ocurrió, se hicieron las separaciones en estos puntos. Cuando se encontró más de una interrupción de varios milímetros en la distribución de frecuencia, se hicieron las separaciones en el vacío más ancho. Si sólo una interrupción aparecía, en ella se hacía la separación. No se fijó criterio para el caso en que se presentaba más de un espacio vacío de sólo un milímetro de longitud en la distribución. Se hizo la separación arbitrariamente en el espacio vacío que parecía más razonable después de haber examinado la distribución de frecuencias en los meses anteriores y los siguientes. Cuando no hubo interrupción, la separación se hizo al nivel más bajo de frecuencia en la parte superior de la distribución que dividiera los peces de tres años de los que estaban en su segundo año de vida.

Después de haber separado los pocos peces considerados en su tercer año, de los que se juzgaban en su segundo año de vida, se calcularon las longitudes medias de cada uno de ambos grupos. Los cálculos resultantes se tabularon en la última sección de la Tabla 3, en donde se indican por intervalos mensuales de la misma manera que en el caso en que se hubieran considerado solamente dos grupos de edad, y se graficaron en la Figura 8. Representan el crecimiento mensual desde el momento de la eclosión hasta la edad de 40 meses. Los círculos abiertos y las líneas verticales tienen la misma connotación que los usados para ilustrar el crecimiento hasta la edad de 25 meses en la Figura 7.

La presentación gráfica del crecimiento ilustrado en la Figura 8 para los tres grupos de edad durante su primer año de vida es, naturalmente idéntica a la de la Figura 7 para los dos grupos de edad. Después, para los dos meses siguientes, mientras el cuadro es similar en cada caso, la extensión del márgen de tamaño por encima de la media, para los peces en su segundo año, es reducida cuando se consideran tres grupos de edad. En efecto, la separación de los peces supuestos en su tercer año de los que se consideran en el segundo, equipara el rango de tamaño por encima y por debajo de la media en cada mes. Tal distribución igual alrededor de la media es tal vez más lógica que la que demuestra una extensión mayor en el lado superior.

Se ajustaron al ojo las curvas en forma de S a cada uno de los juegos de datos en las Figuras 7 y 8. Estas fueron luego examinadas para determinar si la parte superior al punto de inflexión podría representarse por la transformación desarrollada por Walford (1946).

Walford encontró que las curvas de crecimiento de varias especies de peces y moluscos sobre los que existían datos de longitud y edad publicados, tenían una característica común. Demostró que al graficar la longitud a la edad *1, 2, 3 . . . . . n* a lo largo del eje *"x"* en papel aritmético gráfico y la longitud a la edad *2, 3, 4 . . . . . (n + 1)* a lo largo del eje *"y"* para la parte de la curva superior al punto de inflexión, los puntos para la mayoría de las especies caen en una línea recta.

Se pensó que si alguna, o ambas de las curvas empíricas de crecimiento sugeridas se acomodaba a la transformación de Walford, se podría obtener alguna indicación acerca de cual de ellas sería la más razonable. Desafortunadamente, esta línea de investigación no resultó provechosa. En ambos casos, los puntos resultantes al graficar la longitud a la edad de *n* meses en contra de la longitud a la edad de *n + 1* meses no cayeron a lo largo de una línea recta. Más bien las transformaciones, una de la curva que suponía solamente dos grupos de edad, y la otra que suponía tres grupos, sugerían que a cada juego de datos debían ajustarse dos líneas rectas. Los puntos obtenidos de ambas curvas empíricas de crecimiento desde el punto de inflexión a los 4 meses de edad (marzo) hasta 7 meses de edad (junio) formaron una línea recta, y los puntos restantes a partir de los ocho meses de edad (julio) formaron otra línea recta con una pendiente mayor. Evidentemente, el crecimiento de la anchoveta es demasiado rápido durante los primeros meses de vida en relación con los meses siguientes, como para poder presentarlo en su curva por medio de la transformación de Walford.

A base de la evidencia disponible, es imposible determinar, con algún grado de exactitud, cuál de las interpretaciones de los datos es probablemente la más correcta, si la que supone solamente dos grupos de edad o la que supone tres. En realidad, tiene poca importancia si están o no presentes en la población especímenes en su tercer año, si las cantidades son tan pequeñas con relación a los peces en su primero y segundo años, como lo indican las colecciones, porque constituirían una parte insignificante de la existencia total.

Parece deseable, entonces, un examen cuidadoso de las escamas para determinar por este medio la existencia o ausencia de peces en su tercer año en la población de Panamá. Ya que un estudio detallado de las escamas consumirá mucho tiempo, no parece que valga la pena detener la publicación del presente estudio hasta que dicho estudio pueda terminarse.

Abundancia relativa de los grupos de edad

Probablemente las colecciones hechas por los pescadores de atún no son adecuadas para obtener una estimación digna de confianza sobre la abundancia relativa de los diferentes grupos de edad, porque no todos ellos están sujetos a la misma intensidad de pesca. Por ejemplo, los pescadores de atún prefieren usar la anchoveta como carnada, en su primer año de vida, porque dicen que los peces más pequeños se mantienen mejor a bordo

del barco atunero, y que los peces más viejos son demasiado grandes para capturar el barrilete con buen éxito. Por lo tanto, los pescadores frecuentemente no toman las anchovetas grandes si las más pequeñas están disponibles. Además, durante la primera parte de cada año, de enero a principios de abril, la clase anual entrante se encuentra en un medio ambiente distinto de aquel en que se hallan los grupos de edades mayores. Durante este período del año, aparentemente debido a un hábito alimenticio diferente, los peces jóvenes se encuentran en aguas relativamente profundas fuera de la costa. En este tiempo es cuando son más abundantes, fácilmente visibles en el agua clara, y fáciles de capturar. Alrededor de abril, se acercan a la costa y permanecen en aguas bajas y turbias por el resto de su vida. En este medio ambiente los peces son mucho más difíciles de localizar. Por estas razones es que, durante la primera parte de cada año, el esfuerzo de pesca se concentra mucho más en el grupo de edad entrante que en los peces mayores. Este esfuerzo mayor sobre los peces más jóvenes se mantiene probablemente durante el resto del año, pero a un grado mucho menor.

Aunque probablemente las colecciones hechas por el personal del laboratorio de Panamá en 1955, no están viciadas hasta el mismo grado que las de los barcos atuneros, no se sabe si el mismo esfuerzo fué empleado en la pesca de los peces jóvenes y de los más viejos en la parte del año en que estos dos grupos están segregados uno del otro. Sin embargo, no hay razón alguna para creer que el personal pescó selectivamente para obtener peces de un particular grupo de edad durante abril o mayo y en el resto del año.

Aunque las colecciones hechas por los barcos atuneros no son enteramente adecuadas para estimar la composición de edades del stock, siempre es de interés tener una estimación somera de la proporción en que cada grupo de edad contribuye a la pesca de anchovetas en el Golfo de Panamá. La tabulación que sigue, indica el porcentaje de anchovetas, en las colecciones de los barcos atuneros, que estaban en su primero, segundo y tercer año. El porcentaje asignado a peces pertenecientes al tercer año puede, por supuesto, pertenecer al grupo del segundo año; ésto depende de cual de los dos cuadros de crecimiento propuestos se considere el mejor.

Porcentaje del total de la colección

Año	En el primer año	En el segundo año	En el tercer año
1951	100.0		
1952	91.8	7.3	0.9
1953	85.1	14.0	0.9
1954	98.2	1.8	
1955	96.0	4.0	
Promedio de todos los años	94.3	5.4	0.4

El carácter sobresaliente en esta tabla es que los pescadores de atún dependen, para su carnada, casi completamente de anchovetas en su primer año de vida. La contribución de los peces que podrían estar en su tercer año es, como se ve, insignificante.

Presentamos a continuación una tabulación similar para las colecciones hechas por el personal del laboratorio de Panamá en 1955. Los detalles para los grupos de edad se indican por mes:

Porcentaje en el total de la colección

Mes	Número de peces	En el primer año	En el segundo año	En el tercer año
Enero	65	100.0		
Feb.	3299	99.8	0.2	
Marzo	2082	98.0	1.9	0.1
Abril	2679	95.0	5.0	
Mayo	1404	99.3	0.7	
Junio	1103	99.9	0.1	
Julio	737	100.0		
Agosto	2495	90.5	9.5	
Sept.	2443	98.4	1.6	
Oct.	469	74.8	25.2	
Nov.	31	67.7	32.3	
Dic.	173	74.0	26.0	
En todos los meses	16980	95.8	4.2	0.0
En todos los meses (promedio compensado)		91.5	8.5	0.0

Tanto las colecciones de los barcos atuneros hechas durante 1955, como las muestras capturadas por el personal del laboratorio de Panamá estaban compuestas predominantemente de anchovetas en su primer año de vida. Este grupo de edad contribuye con el 95.8 por ciento de los ejemplares medidos, en comparación con el 96 por ciento encontrado en las colecciones de los barcos atuneros. Ninguno de los dos valores debe considerarse como una medida exacta de la abundancia relativa de los peces en su primer año en la población, no solamente por las razones ya expuestas, sino también porque puede haber porcentajes de mortalidad natural diferentes, no solo para los diferentes grupos de edad, sino también para cada grupo de edad durante diferentes períodos del año. Si se da importancia igual a las colecciones mensuales, se encuentra que, en promedio, el 91.5 por ciento de los ejemplares pertenecen al grupo de peces en su primer año de vida. Sin embargo, no debe sugerirse que esta es una estimación exacta de la representación de los peces en su primer año en la población en 1955. Es dudoso que se empleara el mismo esfuerzo de pesca en los peces del primer año y en el grupo de edades mayores durante los primeros tres o cuatro meses del año, cuando los dos grupos fueron segregados uno del otro. Además, el número de ejemplares examinados durante los últimos tres meses del año era pequeño.

Durante los meses de mayo a septiembre, se considera que se empleó casi el mismo esfuerzo para la captura de todos los grupos de edad, de tal manera que se pueden hacer algunas conclusiones sobre la composición de edad de la población en este período. En estos meses, el 96.5 por ciento de los ejemplares capturados pertenecían al primer grupo de edad. Si se da igual importancia a las recolecciones mensuales, el 97.6 por ciento de

los ejemplares eran peces en su primer año de vida. El hecho de que las dos estimaciones sean tan parecidas hace pensar que la mortalidad natural puede haber afectado a los dos grupos de edad aproximadamente en la misma proporción desde mayo hasta septiembre. No se capturaron peces durante este período que pudieran considerarse en su tercer año de vida. Con excepción de un sólo pez, no se capturaron indivíduos durante 1955, ni por los barcos atuneros ni por el personal de la Comisión, que pudieran considerarse en su tercer año.

Es probablemente razonable suponer que la población de anchovetas en el Golfo de Panamá está constituída en promedio, por más del 90 por ciento de peces en su primer año y por menos del 10 por ciento en su segundo año de vida. El porcentaje de peces que pudieran ser considerados en su tercer año de vida es pequeño, posiblemente menos del uno por ciento.

MADUREZ SEXUAL Y DESOVE

Métodos

El estudio de la madurez sexual y del desove se basan en el examen macroscópico de los ovarios y en las mediciones de los huevos. Las gónadas de la anchoveta se extienden por todo el largo de la cavidad del cuerpo, en cualquier estado del desarrollo. En los peces no madurados sexualmente aparecen como filamentos delgados, y en esta condición no es posible determinar el sexo a simple vista. Por el contrario, no hay dificultad en determinar el sexo cuando las gónadas han alcanzado un ancho de 1 a 2 mm. Para entonces los ovarios tienen una forma tubular, mientras que los testes son aplanados y más sólidos. Cuando las gónadas alcanzan de 4 a 5 mm. de ancho, los ovarios son rosados, algo redondeados y de aspecto granular debido a los huevos en proceso de maduración, mientras que los testes son blancos, aplanados y con el borde ventral generalmente lenticulado. Conforme las gónadas prosiguen en su madurez, estos caracteres se acentúan en ambos sexos. Los ovarios agotados se reconocen por su apariencia de sacos vacíos y flácidos. Estos ovarios no contienen huevos o solamente presentan restos de huevos maduros en el lumen o entre los pliegues de las paredes junto con lo que podría ser material epitelial pre-ovárico. Este material restante está generalmente concentrado en la parte anterior del ovario. Parece que los ovarios gastados permanecen en esta condición por algún tiempo antes de ser absorbidos. Los testes gastados son también flácidos y dan la apariencia de encogimiento al ser también absorbidos. Los huevos son de forma oval tanto cuando están maduros como durante el proceso de maduración.

La mayoría de los pescados usados para el estudio de edad y crecimiento fueron descartados después de medidos, pero algunos ejemplares representativos de la mayoría de las recolecciones se conservaron en formaldehido para examinarlos posteriormente en cuanto a su madurez sexual. Generalmente, de 25 a 30 ejemplares de cada recolección se separaron para

este examen, en forma que constituyeran una representación apropiada de la distribución de frecuencias de longitud encontrada en cada una.

La madurez sexual de las hembras se examinó de la siguiente manera. Después de medir la longitud de cada pescado, la mayor anchura del ovario se determinó con la ayuda de un par de calibradores. Se removió luego con un escalpelo un trozo de ovario lo más cerca posible del extremo cloacal. Este trozo de ovario se examinó con un microscopio binocular para determinar si los huevos estaban en formación y para medirlos si tal era el caso. Para medir los huevos se usó una lámina de plástico transparente sobre la cual se extendieron los huevos desprendidos con una aguja del trocito de ovario, se les añadió unas pocas gotas de agua y se cubrió todo con una lámina cubre-objetos. Para cada hembra se anotó si los huevos eran o no discernibles y, de serlo, si todos eran huevos de menos de 0.20 mm. o si algunos eran de esa longitud o más grandes (longitud de la cubierta exterior a lo largo del eje mayor).

Siguiendo el procedimiento descrito, las hembras examinadas se agruparon en las siguientes cuatro categorías, según la condición de sus ovarios:

1. Con huevos no discernibles a simple vista;
2. Con todos los huevos menores de 0.20 mm. de longitud;
3. Con algunos huevos de 0.20 mm. de longitud o más grandes;
4. Con ovarios desovados.

Cuando se encontraron ovarios con huevos de 0.20 mm. o más de longitud, se midieron 100 de estos huevos. Para conveniencia, y para evitar algún prejuicio en la selección de huevos para ser medidos, la lámina plástica se dividió en cuadrados de 3 x 3 mm. Los cuadrados se grabaron en la lámina y se puso el material en la cara de la lámina opuesta al grabado. Los huevos fueron medidos con una pieza micrométrica en un microscopio binocular. Se comenzó la medición en el primer cuadrado superior de la primera columna de cuadrados, procediéndose en la misma columna hacia abajo y luego hacia arriba en la siguiente columna, así sucesivamente hasta completar los 100 huevos. La longitud total de cada huevo fué anotada.

En las recolecciones que entre abril y julio se hicieron en cada año, ninguna de las anchovetas se encontró sexualmente madura. Las gónadas eran generalmente de menos de un milímetro de ancho y parecían un filamento. No era posible determinar el sexo de los individuos por examen macroscópico durante este período. Ya que definitivamente no ocurrió ningún desove desde abril hasta julio, solamente las colecciones de los meses restantes fueron tomadas en cuenta.

Epoca y frecuencia de desove

El número de peces examinados en cuanto a su madurez sexual entre agosto y marzo de cada año de desove aparecen en la Tabla 4 de acuerdo

con la fecha y lugar de captura. Se indican también las condiciones de los ovarios, de acuerdo con las cuatro categorías arriba definidas; esta información también está graficada por meses y por años en la Figura 9.

Peces desovados se encontraron por primera vez en diciembre en dos de los tres años de los cuales se tenían datos. Aunque unos pocos ejemplares adultos se capturaron en enero, febrero y marzo, se encontraron solamente ejemplares desovados en esta época del año. Si bien no se conoce el tiempo que tardan los ovarios para reabsorberse completamente y volver a su estado de descanso después del desove, se ha creído que este proceso toma de dos a tres meses. Si fuera más rápido, en enero y febrero de 1955 se hubieran capturado hembras con ovarios maduros (con huevos $\geqq$0.20 mm.). Es pues razonable, concluir que durante febrero y marzo no se produjo desove, pero que alguna reproducción puede haberse operado durante enero de 1955. Probablemente la misma situación prevaleció en las épocas de desove de 1952-53 y 1955-56. Evidentemente el período reproductivo de la anchoveta termina en su mayor parte en diciembre de cada año, pudiendo tal vez registrarse alguna actividad menor durante enero.

El examen de la Figura 9 indica que se encontraron hembras de la categoría de madurez más avanzada (huevos $\geqq$0.20 mm.) en noviembre y diciembre, en todas las estaciones durante las que se recolectaron muestras. Ni en 1951, ni en 1953 se dispuso de colecciones correspondientes a noviembre y diciembre. Asimismo, hembras de la categoría 3 se encontraron en octubre de 1951, 1954 y 1955. Probablemente estuvieron presentes también en octubre de 1952 y 1953, porque las hembras en ese estado aparecieron también en septiembre de ambos años. No se examinaron colecciones en octubre de 1952 y en el mismo mes de 1953 sólo se dispuso de 11 hembras. Estas últimas fueron todas capturadas el día 1ro. de octubre. Parece, pues, prudente suponer que hembras con huevos de 0.20 mm. o más de longitud estuvieron presentes en la población adulta desde octubre hasta diciembre en todas las épocas de desove y por lo menos en dos de los años considerados, algunas hembras alcanzaron tal estado de madurez en las postrimerías de septiembre. Las pocas hembras capturadas en septiembre de 1952 y 1953, se hallaron durante los últimos días de este mes (Tabla 4). En promedio, la proporción de las hembras en la categoría 3 fué mucho mayor en noviembre y diciembre que en septiembre o en octubre, lo que indica que la población femenina en conjunto estuvo sexualmente más avanzada en noviembre y diciembre. La Figura 9 no indica si los individuos en la categoría 3 fueron en promedio más maduros en un mes que en otro. Para estudiar ésto, fué necesario examinar la longitud de los huevos de las hembras de la categoría 3.

Como se explicó anteriormente, de cada ovario con huevos de 0.20 mm. o más de longitud se midieron 100 de ellos. En el lado izquierdo de la Figura 10 se ha representado gráficamente el porcentaje de la distribución de frecuencias de longitud de los huevos de 0.20 mm. y más, correspondiente a las hembras de la categoría 3, capturadas en octubre, noviembre y diciem-

bre de 1954 y 1955, que fueron los años de más intenso muestreo. En cada mes, la distribución aparece como un compuesto de todas las hembras. Se preparó el gráfico para los dos grupos de edad separadamente y para los dos combinados. La separación de los dos grupos de edad en ambos años se hizo de acuerdo con las distribuciones de frecuencia de longitud de las Figura 3 y 5 y las tabulaciones de la Tabla 3. En el lado derecho de la misma Figura 10 se indican las distribuciones de frecuencia de longitud de las hembras representadas.

Por ahora, esta exposición se limitará a la distribución de frecuencias de longitudes de los huevos de los dos grupos de edad combinados que se encuentran en el tercer panel, comenzando por la izquierda (Figura 10). Ahí se ve que las distribuciones de frecuencias de longitudes de los huevos ováricos en noviembre fueron casi idénticas a las correspondientes al mes de diciembre en 1954, y lo mismo ocurrió en 1955. Durante estos dos meses, en ambos años, los huevos fueron considerablemente más grandes, en promedio, que en octubre, especialmente en 1954. Sin embargo, solamente un ejemplar hembra se encontró en octubre de 1954. La siguiente tabulación ilustra también estas características:

	1954		1955	
	Longitud media de los huevos mm.	Longitud máxima de los huevos mm.	Longitud media de los huevos mm.	Longitud máxima de los huevos mm.
Octubre	0.20	0.26	0.36	0.70
Noviembre	0.33	0.89	0.43	0.70
Diciembre	0.35	0.78	0.42	0.78

Parece que, en promedio, en ambos años las hembras de la categoría 3 estuvieron tan maduras sexualmente en noviembre como en diciembre. Por el hecho de que en octubre de 1955 se encontró un máximum de longitud de 0.70 mm. en los huevos, pareciera que *algunos* individuos capturados en este mes estuvieran tan maduros sexualmente, como los más avanzados de los que se encontraron en noviembre y diciembre del mismo año.

Los datos de las años 1951, 1952 y 1953 fueron muy pocos, y por eso no fueron incluídos en las Figura 10. A continuación se dá sumario de las longitudes de los huevos medidos en estos años:

	1951		1952		1953	
	Longitud media de los huevos mm.	Longitud máxima de los huevos mm.	Longitud media de los huevos mm.	Longitud máxima de los huevos mm.	Longitud media de los huevos mm.	Longitud máxima de los huevos mm.
Septiembre			0.36	0.62	0.35	0.69
Octubre	0.48	0.79				
Noviembre			0.40	0.69		
Diciembre			0.32	0.64		

Si se recuerda que los peces en la categoría 3, de septiembre 1952 y 1953, se capturaron en los últimos días del mes, y que los datos eran escasos,

pareciera que, como en 1954 y 1955, en cada año hubo algunos peces igualmente maduros en las postrimerías de septiembre y en octubre, que en noviembre y diciembre.

La máxima longitud registrada en un huevo ovárico fué de 0.89 mm., en una hembra capturada en noviembre de 1954. En la distribución de frecuencias de longitud de los huevos de esta hembra, el diez por ciento superior tuvo un promedio de 0.85 mm. La longitud media del 10 por ciento superior de todos los huevos medidos en hembras capturadas en noviembre y diciembre de 1954, fué de 0.47 mm. En 1955 fué de 0.56 mm. La longitud máxima de los huevos ováricos encontrados en cada uno de estos meses se dá en las tabulaciones anteriores. Las longitudes se registraron entre 0.70 y 0.89 mm.

Los huevos ováricos más grandes encontrados son mucho más pequeños que los huevos fertilizados de anchoveta encontrados en el plancton, los cuales tienen una longitud promedio de 1.17 mm. (Simpson, ms.). Simpson obtuvo estas medidas en huevos preservados en formalina. En estos huevos planctónicos el espacio perivitelino es apreciable ya que la longitud de la yema midió aproximadamente 1.00 mm. En vista de que el espacio perivitelino en los huevos ováricos no se podía medir, su presencia en los huevos fertilizados puede haber resultado de la absorción de agua despúes de la deposición o del encogimiento de la yema durante la preservación. Es concebible entonces, que el huevo ovárico completamente maduro mida entre 1.00 y 1.17 mm. de longitud.

En las colecciones no se encontraron hembras completamente desarrolladas o maduras. Su ausencia sugiere, o bien que los peces maduros se segregaron de la población principal durante el período de reproducción y no fueron adquiribles por los métodos de captura usados, o bien que el intervalo de tiempo requerido para alcanzar plena madurez después de haber llegado al estado de desarrollo de los peces más maduros examinados, es muy corto.

Ya que los más grandes huevos ováricos examinados fueron probablemente mucho más pequeños que lo que serían en el momento mismo del desove, los datos de este estudio no pueden dar una determinación precisa del comienzo del período reproductivo. Sin embargo, es razonablemente cierto que el desove ocurrió en diciembre de 1952, 1954 y 1955 por la secuencia del tiempo de la aparición de los individuos desovados. La presencia de los peces desovados, junto con los peces maduros, por la primera vez en diciembre 1952 y en 1953, indica bastante claramente que el desove ocurrió en esta época. El hecho de que se capturaron solamente peces desovados en enero de 1955 parece ser buena evidencia de que el desove se produjo en diciembre de 1954. Se podría también considerar hipotéticamente que en octubre y noviembre de estos mismos años hubo reproducción, ya que en estos meses una buena proporción de hembras examinadas resultaron tan maduras como las recogidas en diciembre. Si

se acepta esta hipótesis, se puede sacar la conclusión de que el desove comenzó en la primera parte de octubre y continuó por lo menos hasta diciembre en 1952, 1954 y 1955. La situación puede o no haber sido similar en 1951 y 1953. Tomando en cuenta la proporción de la mayoría de hembras maduras (categoría 3) en cada mes, puede concluirse que el máximum del desove ocurrió en noviembre y diciembre.

Hay otra evidencia que refuerza las conclusiones anteriores. En el otoño de 1956, se inició una intensa investigación de la historia natural de la anchoveta joven en el Golfo de Panamá. Por primera vez fueron recogidos huevos planctónicos en octubre, por medio de arrastres con redes planctónicas y continuaron apareciendo en estos arrastres hasta las postrimerías de enero de 1957 (Simpson, ms.). No volvieron a aparecer en el plancton sino hasta octubre de 1957. Un examen preliminar del contenido de cientos de muestras planctónicas, indica que los huevos de anchoveta fueron más abundantes desde fines de noviembre hasta los últimos días de diciembre, mientras que en enero no fueron abundantes. Los resultados de este estudio serán publicados en un futuro *Boletín*.

La evidencia de Simpson referente al comienzo del desove y a su duración está por supuesto, basada en la información para la estación 1956-57. Más adelante, página 464, se demuestra que la madurez relativa de las hembras durante esta estación fué muy paralela a la de 1955-56. En realidad parece, según la Figura 9, que excepto por variaciones menores en el comienzo y la terminación, el período reproductivo de la anchoveta es aproximadamente el mismo en cada año.

Frecuencia del desove dentro de una época

Si todas las anchovetas alcanzaran su madurez sexual al mismo tiempo, el crecimiento de los huevos podría seguirse fácilmente. Como ésto no es así, no se puede hacer un arreglo cronológico de los datos que indique la secuencia del desarrollo. Sin embargo, el desarrollo de "camadas" sucesivas de huevos en maduración (si lo hay) puede estudiarse por los procedimientos empleados por Clark (1934), Schaefer (1936) y otros. Siguiendo estos procedimientos en la Figura 11 se ha compilado para 1954 y 1955, el porcentaje promedio de las distribuciones de frecuencias de longitud de las medidas de los huevos de todos los peces agrupados de acuerdo con la posición del último modo en la distribución de frecuencia de longitud de cada uno. Se escogieron diez intervalos iguales de longitud entre 0.20 y 0.69 mm. para la posición del último modo. El número de peces incluídos en cada grupo aparece en dicha Figura.

El gráfico del panel superior representa los ovarios menos maduros que contienen algunos huevos de 0.20 mm. o más de longitud. Conforme los ovarios maduran (en los paneles sucesivos hacia abajo), los huevos mayores en un solo modo se separan de un segundo modo de huevos menores. Surge la cuestión de si el modo de los huevos más pequeños desarrolla

hacia la madurez en la estación de desove presente o en la siguiente. La progresión del modo de los huevos más pequeños indicaría que una segunda camada de huevos madura después del desove de la primera. La falta de progresión del grupo secundario indicaría que los huevos más pequeños serán absorbidos después del desove de los huevos más maduros. Es cierto que el modo secundario de los huevos menores no puede representar los huevos que han de ser desovados en el próximo año, porque no se recogieron anchovetas entre abril y agosto que tuviesen huevos ni siquiera del tamaño de éstos.

Si algunas anchovetas desovan más de una vez, la Figura 11 debería mostrar un cuadro similar al encontrado por Clark (1934, Figura 3) para la sardina californiana. Clark demostró la multiplicidad de modos en las curvas de frecuencia de los diámetros de los huevos tomados de los ovarios de sardinas en madurez, y demostró también que distintas camadas de huevos crecieron sucesivamente hasta su madurez. La Figura 11 no indica tal progresión. Más bien, al moverse el modo que representa los huevos mayores hacia la derecha, el modo secundario tiende a permanecer más o menos estacionario, indicando que el desarrollo de los huevos en este último no es paralelo al de los huevos más grandes. Además, nunca aparece un tercer modo. Por lo tanto, la conclusión es, que las hembras de las anchovetas probablemente desovan sólo una vez y que los huevos más pequeños, en el modo secundario, degeneran y son absorbidos.

Edad a la primera madurez

Excepto en 1953, cuando las colecciones eran disponibles solamente hasta el 10 de octubre, algunas hembras examinadas durante octubre o noviembre contenían ovarios con huevos de un tamaño medio de 0.20 mm. o más (Figura 9). Las distribuciones de frecuencia de longitud aparecen en el panel derecho de la Figura 10 para estas hembras recogidas durante octubre, noviembre y diciembre de 1954 y 1955. Las Figuras 3 y 4 demuestran que los peces que se encontraban al cumplir su primer año de edad, están bien representados. En noviembre 1952, sólo hembras de 121 mm. fueron incluídas entre las 17 indicadas en la Figura 9. También se incluyeron peces de un año en el panel de octubre 1951 de la misma figura. Hay evidente claridad en cuanto a que las anchovetas en el Golfo de Panamá desovan por primera vez al alcanzar un año de vida.

La edad con relación al tiempo del desove anual

Los datos en la Figura 10 pueden ser usados para estudiar la cuestión de si el comienzo de la madurez dentro de la estación está relacionado con la edad. La Tabla 5 dá un sumario de los datos usados en la comparación de los dos grupos de edad. En octubre de 1954 no se recogieron hembras al cumplir su segundo año o mayores. En noviembre se examinaron sólo dos. Ambos pescados tenían algunos huevos mayores de 0.20 mm. En contraste, el 18.2 por ciento de las hembras en su primer año tenían ovarios

imperceptibles en noviembre. Una situación similar se presentó en diciembre de 1954. En octubre de 1955, el 96.7 por ciento de las hembras que completaban su segundo año o de más edad, tenían huevos mayores de 0.20 mm., mientras que sólo el 68.7 por ciento de aquéllas un año más jóvenes se encontraron en la misma condición. En noviembre de 1955, los pescados de ambos grupos de edad estaban en el mismo estado de madurez. Durante diciembre, una mayor proporción del primer grupo de edad habían desovado.

Aunque los datos son escasos, existe la sugerencia de que los peces más viejos, en promedio, maduran un poco antes que los de un año. De modo similar, los datos correspondientes a diciembre de 1955, hacen creer que tal vez las hembras de un año de edad terminaron de desovar un poco antes que las más viejas.

Consideración de un "índice de gónadas" para la madurez sexual

Muchos investigadores han usado el tamaño de los huevos ováricos para determinar la madurez sexual relativa de los peces. Kikawa (1953), Yuen (1955), y Schaefer y Orange (1956) también relacionaron el tamaño de los huevos ováricos con el peso del ovario y el peso total de la hembra, y después desarrollaron índices con estas dos últimas medidas para determinar la madurez. Cuando tal relación existe, frecuentemente cuesta menos trabajo pesar un ovario que medir los huevos para determinar la madurez sexual, por lo menos en cuanto a los peces más grandes. Sin embargo, para un pez tan pequeño como la anchoveta, sería muy lento el disecar y pesar los pequeños ovarios. Es más práctico el uso de alguna medida linear del ovario.

En la anchoveta, el ovario menos maduro se extiende a lo largo de toda la cavidad del cuerpo. El crecimiento del ovario, resultante del crecimiento de los huevos conforme maduran, está limitado a un aumento en anchura y espesor, siendo la anchura considerada como la dimensión dorso-ventral. La medida del ancho o del grueso puede tomarse rápidamente. Ya que los ovarios maduros crecen más a lo ancho que en espesor, la anchura pareció ser la medida más apropiada para derivar de ella un índice de madurez. La máxima anchura del ovario fué anotada para cada hembra examinada con objeto de determinar la madurez sexual.

Al relacionar el tamaño del huevo con el ancho de la gónada, hay que considerar la posibilidad de que esta última esté relacionada con el tamaño del pez. Si esto fuera así, la relación entre el ancho de la gónada, el tamaño de los huevos y la longitud del pez tendría que ser tratada como un problema de regresión en tres variables. Para simplificar el análisis, la longitud del pez y el ancho de la gónada fueron combinadas para eliminar una variable y se investigó la relación entre la longitud del huevo y el siguiente "índice de gónadas"

$$\text{índice de gónadas} = \frac{\text{ancho de la gónada en mm.} \times 10^2}{\text{longitud standard del pez en mm.}}$$

Cuando se encontraron peces con ovarios que contenían huevos de 0.20 mm. de longitud o mayores, se midieron 100 de esos huevos y fué estudiada la relación entre la longitud media de los huevos y el índice de gónadas para estos peces. La longitud media de los huevos se consideró adecuada porque según la Figura 8 es aparente que la anchoveta desova sólamente una camada de huevos. Si se hubiera encontrado que camadas de huevos sucesivas se desarrollaban simultáneamente, el tamaño promedio de los huevos hubiera sido indebidamente influenciado por los numerosos huevos pequeños. En tal caso podría haber sido mejor el uso del 95avo. o de algún otro percentil de la distribución total de frecuencias.

En la Figura 12 se dá gráficamente la longitud media (de los huevos $\geq$0.20 mm.) con respecto al índice de gónadas para los peces examinados en 1954 y 1955. En ella también se han trazado para ambos años las curvas de regresión linear fijadas por cuadrados numéricos para los datos divididos en dos grupos de edad: (1) peces al cumplir su primer año, y (2) peces al cumplir su segundo o de mayor tiempo. La Tabla 6 contiene las estadísticas de regresión para estos cuatro grupos y otras combinaciones de los datos. En la Tabla 7 aparece el examen de la linearidad de las diversas regresiones usando un proceso de análisis de variación descrito por Chambers (1952, p. 85).

En la Tabla 7 los datos indican que las regresiones de la longitud media de los huevos sobre el índice de gónadas para cada grupo de edad en 1954 y 1955, no se apartan de la linearidad, ya que ninguna de las proporciones de la variación (valores F) fué significativa. Sin embargo, estos valores de F fueron de significación cada vez que los grupos de edad fueron reunidos, ya sea para el mismo año o para años diferentes, indicando así que las regresiones para tales combinaciones se apartaban significativamente de la linearidad. La única excepción fué al reunir el grupo de dos años de 1954 con el correspondiente de 1955.

Los resultados de la prueba de linearidad indicaron pues, que había diferencias significativas entre los grupos de edad y los años para las regresiones de la longitud media de los huevos sobre el índice de gónadas. Para confirmar ésto y determinar el origen de las diferencias, se hizo una comparación de las muestras de los dos grupos de edad en un mismo año y entre los dos años, usando el análisis usual de covariancia (Kendall 1946, p. 237), cuyos resultados se dan en la Tabla 8. Al comparar los dos grupos de edad en el mismo año, tanto en 1954 como en 1955, la muestra del grupo de un año y la del grupo de dos años no estuvieron de acuerdo con la hipótesis de que pertenecían a la misma población homogénea (dos primeras secciones de la Tabla 8). En 1954 hubo diferencia significativa entre los coeficientes de regresión y en 1955 la hubo también en los promedios ajustados (ésto es, en los niveles de las líneas de regresión). La comparación entre el grupo de un año en 1954 y el similar en 1955, demostró que las dos regresiones eran significativamente diferentes, como resultado de las diferencias entre los coeficientes de regresión.

La misma comparación para los grupos de dos años o mayores, dió el mismo resultado, siendo en este caso la diferencia debida a la diferencia significativa en los niveles de las líneas de regresión.

Estos análisis demostraron que la relación linear entre la longitud media de los huevos y el índice de gónadas cabe solamente dentro de cada grupo de edad. Además demostró que la relación entre las dos variables cambia de un año a otro para la misma clase anual (es decir, peces de un año de edad en 1954 y de dos años en 1955) y difieren significativamente para las diferentes clases de edad que componen la población en un año dado. Por consiguiente, de usarse el índice de gónadas en una determinada estación de desove, habría que establecer la relación existente entre las dos variables para cada grupo de edad presente en la población. En otras palabras, no podría aplicarse la relación entre el índice de gónadas y la longitud media de los huevos determinada en un año anterior.

A pesar de que la relación entre el índice de gónadas y el tamaño de los huevos varía con los grupos de edad y de un año al siguiente, para la misma clase anual, todavía constituye un artificio útil para determinar aproximadamente la época, en un año dado, en que la población alcanza su máximo de madurez sexual. Es evidente que los peces deben desovar cuando los huevos alcanzan cierto tamaño máximo y que, en promedio, un aumento en el tamaño de los huevos vá acompañado por un aumento en el valor del índice de gónadas.

Aplicación del índice de gónadas

El análisis del material recolectado entre junio de 1951 y enero de 1956 para investigar la madurez sexual, se encontraba muy avanzado antes de que comenzara el desove de 1956. Se decidió el uso del índice de gónadas para describir la madurez sexual relativa de la población de anchoveta durante esta estación, saber cuando ocurría la mayor parte del desove y comparar la actividad reproductiva de 1956 con la de las estaciones anteriores, 1954 y 1955.

El número de hembras examinadas cada mes durante la época de desove de 1956, separadas por grupo de edad, es como sigue:

	Peces al cumplir el primer año	Peces al cumplir el segundo año o más	Total
Octubre, 1956	49	1	50
Noviembre	285	5	290
Diciembre	39	0	39
Enero, 1957	9	0	9
Total	382	6	388

Más del 98 por ciento de las 388 hembras examinadas estaban al completar su primer año. La proporción de machos de un año fué similar; solamente 5, o sea el 1.9 por ciento de 256, eran peces en su segundo año o mayores.

La Figura 13 muestra la madurez sexual relativa, medida por el índice de gónadas de los peces que terminaban su primer año en 1954, 1955 y 1956. No se ha preparado un gráfico similar para los peces en su segundo año o mayores porque la proporción de ellos fué muy pequeña en 1956, menor del 2 por ciento. La Figura 13 cubre un período de tres meses, o sea octubre, noviembre y diciembre de cada año. En septiembre de 1956 no se recogieron ejemplares adultos y solamente se encontraron hembras desovadas en enero de 1955, 1956 y 1957.

La distribución de frecuencias del índice de gónadas que aparece en la Figura 13, indica que la madurez relativa de las hembras, de octubre a diciembre de 1956, fué similar a la que presentaban las examinadas en el mismo período de 1955. Se anotó en la página 459 que se encontraron huevos planctónicos de anchoveta desde octubre de 1956 y hasta enero de 1957. Fueron más abundantes en las postrimerías de noviembre y hasta fines de diciembre. Dicha Figura indica que el índice de gónadas alcanzó su máximo en noviembre y diciembre. Algunos peces desovados se encontraron en noviembre; en esa condición estaba más del 50 por ciento de los indivíduos examinados en diciembre.

Aparentemente, la reproducción en 1956 comenzó en octubre cuando los valores del índice de gónadas de más o menos la mitad de la población estaba entre 3 y 6 y alcanzó su máximo en noviembre y diciembre. Aunque las 9 hembras recogidas en enero de 1957 estaban desovadas, algunos huevos de anchoveta se encontraron en las muestras de plancton recogidas en este mes, lo que indica que entonces se produjo algún desove de menor importancia.

La distribución del índice de gónadas de las hembras en maduración examinadas en 1954 y 1955 (Figura 13) proporciona esencialmente el mismo cuadro que el de la distribución de tamaños medios de los huevos (Figura 9). Las conclusiones previas sobre el período y duración del desove anual de la anchoveta, no cambian cuando se incluye el material del índice de gónadas para 1956 de la Figura 13. El desove comienza en octubre de cada año y termina en el siguiente enero. La mayor actividad ocurre en noviembre y diciembre. Probablemente hay alguna variación de un año a otro en la intensidad del desove durante octubre, porque las Figuras 9 y 13 indican que la población en este mes está sexualmente más avanzada en unos años que en otros. Aunque solamente se encontraron peces desovados en enero de 1955 y 1957, las cantidades fueron pequeñas. Parece, por consiguiente, razonable suponer que la intensidad del desove durante este mes también varía.

LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA

Alverson, F. G. and B. M. Shimada

1957 Eastern Pacific fishery for tuna baitfishes, with particular reference to the anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)*.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 2, No. 2, pp. 21-61 (English), pp. 62-79 (Spanish).

Brock, V. E.

1954 Some aspects of the biology of the aku, *Katsuwonus pelamis,* in the Hawaiian Islands.
Pac. Sci., Vol. 8, No. 1, pp. 93-104.

Cassie, R. M.

1950 The analysis of polymodal frequency distributions by the probability paper method.
New Zealand Sci. Rev., Vol. 8, pp. 89-91.

1954 Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions.
Austral. Jour. Mar. and Freshwater Res., Vol. 5, No. 3, pp. 513-522.

Chambers, E. G.

1952 Statistical calculations for beginners.
Sec. edit., Cambridge University Press, London. x + 168 pp.

Clark, F. N.

1934 Maturity of the California sardine *(Sardina caerulea),* determined by ova diameter measurements.
Calif. Fish and Game Comm., Fish Bull., No. 42, 49 pp.

Deason, H. J. and Ralph Hile

1947 Age and growth of the kiyi, *Leucichtys kiyi* Koelz, in Lake Michigan.
Amer. Fish Soc., Trans., Vol. 74 (1944), pp. 88-141.

Hjort, Johan

1926 Fluctuations in the year classes of important food fishes.
Cons. Perm. Internat. Expl. Mer, Jour. du Cons., Vol. 1, No. 1, pp. 5-38.

Howard, G. V.

1954 A study of populations of the anchoveta, *Cetengraulis mysticetus,* based on meristic characters.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 1, No. 1, pp. 1-24, (Spanish summary).

Kendall, M. G.

1946 The advanced theory of statistics.
Vol. 2, Charles Griffin and Co. Ltd., London. vii + 521 pp.

Kikawa, Shoji

1953 Observations on the spawning of the bigeye tuna *(Parathunnus mebachi)* near the southern Marshall Islands.
Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Contr., No. 24, 10 pp.

Miller, D. J.

1955 Studies relating to the validity of the scale method for age determination of the northern anchovy *(Engraulis mordax)*.
State of Calif., Dept. of Fish and Game, Fish. Bull., No. 101, pp. 7-34.

Peterson, C. G. J.

1922 On the stock of plaice and the plaice fisheries in the different waters. A survey.
Rept. Danish Biol. Stat., Vol. 29, 36 pp.

Schaefer, M. B.

1936 Contribution to the life history of the surf smelt, *Hypomesus pretiosus,* in Puget Sound.
State of Wash., Dept. of Fish., Biol. Rept., No. 35B, 45 pp.

1948 Size composition of catches of yellowfin tuna *(Neothunnus macropterus)* from Central America, and their significance in the determination of growth, age, and schooling habits.
U. S. Dept. Int., Fish and Wildlife Serv., Fish Bull., No. 44, pp. 197-200.

Schaefer, M. B. and C. J. Orange

1956 Studies of the sexual development and spawning of yellowfin tuna *(Neothunnus macropterus)* and skipjack *(Katsuwonus pelamis)* in three areas of the Eastern Pacific Ocean by examination of gonads.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 1, No. 6, pp 281-320 (English) pp. 321-349 (Spanish).

Schaefer, M. B., Y. M. M. Bishop and G. V. Howard

1958 Some aspects of upwelling in the Gulf of Panama.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 3, No. 2, in press (English and Spanish).

Scofield, E. C.

1934 Early life history of the California sardine *(Sardina caerulea),* with special reference to the distribution of eggs and larvae. Calif. Fish and Game Comm., Fish Bull., No. 41, 48 pp.

Simpson, J. G.

ms. Identification of the egg, early life history, and spawning areas of the anchoveta, *Cetengraulis mysticetus,* in the Gulf of Panama.

Walford, L. A.

1946 A new method of describing the growth of animals. Biol. Bull., Vol. 90, No. 2, pp. 141-147.

Yuen, H. S. H.

1955 Maturity and fecundity of bigeye tuna in the Pacific. U. S. Dept. Int., Fish and Wildlife Serv., Spec. Sci. Rept.: Fish., No. 150, 30 pp.